

Reporte para el Departamento del Transporte de Arizona



Estudio de Capacidad Logística del Corredor Guaymas-Tucson

**J. René Villalobos, Arnold Maltz*, Omar Ahumada, Gerardo
Treviño, Octavio Sánchez, Hugo C. García**

**Departamento de Ingeniería Industrial
Ira A. Fulton School of Engineering**

***Departamento de Cadena de Suministros
WP Carey School of Business**

ASU ARIZONA STATE
UNIVERSITY



Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	1
Lista de Figuras	3
Lista de Tablas.....	5
Resumen Ejecutivo.....	6
1 Introducción.....	9
2 Refinamiento de las Tareas.....	11
3 Documentación de los Previos Estudios Relacionados con el Corredor	12
3.1 Resumen de la Revisión de Literatura	14
4 Establecimiento de el Mínimo de Carga para la Terminal de Contenedores.....	15
4.1 Resumen de Análisis del Mínimo de Carga.....	22
5 Análisis del Puerto de Guaymas	24
5.1 Inventario de la Infraestructura Actual	24
5.2 El Modelo de Simulación.....	27
5.3 Resumen de la Infraestructura del Puerto de Guaymas.....	36
6 Analysis of the Mariposa Port of Entry	38
6.1 Resumen del Analisis.....	46
7 Análisis de la Infraestructura Carretera del Corredor	47
7.1 Summary of Highway Capacity	52
8 Análisis de la Infraestructura Ferroviaria del Corredor	53
8.1 Resumen del Análisis de la Infraestructura Ferroviaria.....	60
9 Análisis Global del Corredor	61
9.1 Capacidad y Utilización Actual del Corredor.....	62
9.2 Utilización del Corredor con una Terminal de Contenedores en Guaymas	65
9.3 Análisis Complementario.....	68

9.4	Resumen de Resultados	70
10	Actividades Recomendadas	73
10.1	Refinamiento de la Capacidad del Estudio	73
10.2	Identificación de las Mejoras de la Infraestructura y de sus Efectos	73
10.3	Identificación de las Ventajas de la Cadenas de Suministro y de Logística del Uso del Puerto de Guaymas	74
10.4	Determinación del Potencial Comercial del Corredor	74
10.5	Emparejar las Ventajas de la Logística con Segmentos Apropriados de la Industria ...	74
10.6	Exploración de Oportunidades de la Colaboración para las Actividades de Valor Agregado en el Puerto de Guaymas	75
10.7	Preparación de un Mapa de Camino Estratégico para el Desarrollo del Corredor.....	75
11	Referencias	76

Lista de Figuras

Figura 4.1 – Rutas Marítimas	19
Figura 4.2 – Destino de Contenedores de Exportación	20
Figura 4.3 – Destino de Contenedores de Importación	20
Figura 4.4 – Origen de Contenedores de Importación.....	21
Figura 5.1– Plan Maestro del Puerto de Guaymas	25
Figura 5.2 – Equipo de manejo en el Puerto de Guaymas.....	27
Figura 5.3 – Distribución del Calado Máximo	27
Figura 5.4 – Interfase del Modelo de Simulacion	29
Figura 5.5 – Tiempo de Ciclo por Barco.....	33
Figura 5.6 – Tiempo de Cilco por Barco por Escenario.....	34
Figura 5.7 – Tiempo en el Sistema por Contenedor.....	35
Figura 5.8 – Tiempo en el Sistema por Contenedor.....	36
Figura 6.1 – Informacion de la Simulacion del POE de Mariposa.....	38
Figura 6.2 – Mapa del Proceso de la Simulacion del POE de Mariposa.....	39
Figura 6.3 – Interfase del Modelo de Simulacion	41
Figura 6.4 – Tiempo en el Sistema por Trailer.....	44
Figura 6.5 – Tiempo en el Sistema por Trailer por Escenario.....	44
Figura 6.6 – Horas de Operacion Requeridas.....	45
Figura 7.1 –Mapa del Corredor Estudiado	47
Figura 7.2 – Capacidad de las Carreteras en Arizona.....	49
Figura 7.3 – Capacidad de las Carreteras en Sonora	50
Figura 7.4 – Inspección de las Carreteras Mexicanas	50
Figura 8.1 – Utilización de las vías de Ferromex.....	55
Figura 8.2 – Utilización de las vías de UP	56

Figura 8.3 – Cruce de Trenes en la Dirección Norte (Proveída por Ferromex, 2005)	58
Figura 8.4 – Cruces de Trenes en la Dirección Sur (Proveída por Ferromex, 2005)	59
Figura 9.1 – Trafico Intermodal de Trenes y Camiones en los Estados Unidos: 1980-2004	70

Lista de Tablas

Tabla 4.1 – Comparación de los Tres Puertos	16
Tabla 4.2 – Comparación de los Tres Puertos en Términos de Equipamiento	17
Tabla 4.3 – Distancias y Tiempo desde Guaymas	18
Tabla 5.1 – Dimensiones de Muelles	25
Tabla 5.2 – Resumen de Información Relevante	26
Tabla 5.3 – Infraestructura entre el Estado Actual y los Escenarios Simulados	28
Tabla 5.4 – Escenarios Analizados para la Operación del Puerto de Guaymas	31
Tabla 5.5 – Resultados de los Escenarios Analizados para la Operación del Puerto	32
Tabla 6.1 – Escenarios Analizados para la Operación del POE de Mariposa	42
Tabla 6.2 – Resultados de los Escenarios Analizados para la Operación del Puerto	43
Tabla 7.1 – Estimación de la Capacidad de Diferentes Nodos (PCPH)	51
Tabla 8.1 – Capacidad Estimada para Diferentes Segmentos del Ferrocarril (Trenes por Día)....	55
Tabla 8.2 – Especificaciones de pasos a desnivel	60
Tabla 9.1 – Estimación de la Capacidad y Utilización de los Ferrocarriles	63
Tabla 9.2 – Estimación de la Capacidad y Utilización de las Carreteras	63
Tabla 9.3 – Estimación de la Capacidad y Utilización de las Carreteras	64
Tabla 9.4 – La Capacidad Diaria Global Actual y Disponible del Corredor	65
Tabla 9.5 – Capacidad y Utilización con el Terminal de Contenedores en Guaymas	66
Tabla 9.6 – Capacidad y Utilización con el Terminal en Guaymas	67
Tabla 9.7 – Tiempos Promedios de Transportación por Carretera	68
Tabla 9.8 – Tiempos Promedios de Transportación por Tren	68

Resumen Ejecutivo

Este documento proporciona el informe final de las actividades realizadas para el proyecto llamado *Estudio de la Capacidad Logística del Corredor Guaymas-Tucson*. Este proyecto fue patrocinado por el Departamento de Transporte de Arizona (ADOT, por sus siglas en inglés). Algunas de las conclusiones de este documento incluyen:

- Desde la perspectiva de la infraestructura creemos que el puerto de Guaymas, con algunas mejoras menores tales como la adquisición de equipo adicional para el movimiento de contenedores, está listo para comenzar un servicio de contenedores comparable con otros puertos regionales mexicanos, tales como el puerto de Mazatlán y de Ensenada.
- Sin embargo, la limitante principal de la capacidad portuaria actualmente es la falta de grúas de muelle. Esto imposibilita al puerto de Guaymas de ofrecer servicios a los modernos barcos de contenedores que no poseen sus propias grúas. Esta restricción puede limitar el potencial del puerto de Guaymas de servir como un puerto eficiente para el servicio de contenedores más allá de su región. Para proporcionar este servicio creemos que por lo menos dos grúas del muelle son necesarias, puesto que una sola no proporcionaría la capacidad conveniente para carga y descarga de contenedores. La capacidad y las características exactas de dichas grúas y otros factores relacionados – como la necesidad del refuerzo del sistema de pilotes del puerto; está más allá del alcance de este estudio.
- Nosotros estimamos que actualmente los embotellamientos principales de la infraestructura física del corredor (por orden de impacto) son: el Puerto de Entrada de Mariposa (POE, por sus siglas en inglés), los procedimientos de inspección de los ferrocarriles en la frontera del lado de los Estados Unidos y el puerto de Guaymas. Estos puntos necesitan ser estudiados más a fondo para verificar nuestros resultados y para recomendar mejoras potenciales –en el caso de que un aumento de la capacidad actual del corredor sea requerida.
- Nosotros estimamos que la capacidad actual del corredor multimodal de Guaymas-Tucson es de 175,000 unidades equivalentes de veinte-pies (TEU, por sus siglas en inglés) por año si los puertos de entrada de Mariposa y DeConcini son operacionales y si

servicio de contenedores de ferrocarril entre Guaymas y Tucson está disponible. Sin embargo, esta capacidad se reduce a 104,000 TEU por año si el servicio de ferrocarril no está disponible. Por otra parte, la capacidad actual para el corredor sería de 120,000 TEU por año, si solamente el tren se utiliza para mover los contenedores de Guaymas a Tucson. En este caso, el factor principal que limita la capacidad del corredor sería los procedimientos de la inspección del tren realizados en el puerto de entrada de DeConcini y/o en las instalaciones de Río Rico.

- Después de obtener los datos históricos sobre el uso de las vías de ferrocarril, y examinar y analizar físicamente las especificaciones de los pasos a desnivel para el segmento del ferrocarril de Empalme-Hermosillo no pudimos encontrar ninguna restricción física para la operación de trenes a doble estiba de Guaymas a Tucson.
- Un obstáculo importante para la operación viable del servicio de contenedores entre Guaymas y Arizona es la carencia de un proveedor de un servicio integrado que incluya las líneas navieras, el ferrocarril y los agentes de carga internacional (freight forwarders). Para hacer posible dicho servicio es necesario primero establecer una ruta de ferrocarril para los contenedores en tránsito entre Guaymas y Arizona. Respecto a este punto, no pudimos conseguir la información exacta de la compañía ferrocarrilera estadounidense que proporciona este servicio, es decir Union Pacific (UP), sobre cuáles son las condiciones necesarias o suficientes –comerciales u operacionales; para dar servicio a los contenedores potenciales generados por el Puerto de Guaymas. Creemos que las compañías ferrocarrileras son imprescindibles para la creación de un corredor económicamente factible de contenedores entre el Puerto de Guaymas y Arizona. Por lo tanto, estas compañías deben ser incentivadas para que tomen un papel activo en la activación del corredor.
- Los encargados de importar carga mediante ferrocarriles y camiones a Estados Unidos sugieren que cambios en el proceso serían muy útiles para hacer los tiempos del cruce de la frontera más predecibles y ofrecer servicios más eficientes para y desde Guaymas.
- Aún si el tráfico de contenedores fuera atraído al puerto de Guaymas, las compañías de ferrocarriles estadounidenses estarían sobre todo interesados en las cargas destinadas al Medio Oeste-Este, mientras que Ferromex estaría dispuesto a manejar el negocio de un transporte más corto.

- En nuestro análisis, hemos hecho supuestos acerca del tipo de infraestructura y del nivel de servicio necesario para atraer una línea naviera a establecer paradas regulares de barcos de contenedores en Guaymas. Sin embargo, las necesidades exactas en términos del servicio y de la demanda se deben explorar con las compañías navieras. Esta tarea se deja como parte de la segunda fase propuesta de este estudio.
- Un tema que necesita ser tratado cuanto antes es la carencia de un servicio regular de barcos de contenedores al Puerto de Guaymas. Mientras que el análisis de los requisitos para atraer una importante línea naviera al puerto esta más allá del alcance de este estudio, creemos que la posición geográfica de Guaymas puede ser un problema (a corto plazo) para que alguna compañía se interese en proporcionar un servicio directo a Asia. Además, creemos que el puerto de Guaymas está bien localizado para servir como un puerto regional. Por ejemplo, pudiera ser apropiado que inicialmente Guaymas se utilice como un puerto proveedor para la carga con destino en Sonora hasta que negocios más lejanos sean instituidos por las líneas navieras y el servicio eficiente de trenes para los contenedores sea asegurado.
- De la revisión de estudios anteriores encontramos diecinueve informes relacionados, directamente o indirectamente, con este corredor. El énfasis principal de estos estudios está en las áreas de la infraestructura en los puertos fronterizos entre Nogales Arizona y Tucson; así como también la congestión actual y potencial en la carretera interestatal 10 (I-10, por sus siglas en inglés). Sin embargo, no encontramos ningún estudio que documentara directamente la capacidad total o la competitividad del corredor entre Guaymas-Tucson.

1 Introducción

Este informe documenta los resultados de las actividades realizadas con el patrocinio de ADOT (JPA 06-001T). La descripción del estudio está incluido como el apéndice A de este informe. El proyecto propuesto fue dividido en dos fases. Los objetivos de estas fases pueden ser resumidos como sigue:

- Fase I
 - Hacer un inventario y resumir los estudios relevantes disponibles que se han realizado acerca del corredor.
 - Realizar una rápida evaluación operacional de la capacidad actual del corredor Guaymas-Tucson, en términos de TEU que el corredor puede manejar actualmente.
 - Proporcionar recomendaciones preliminares para las inversiones futuras identificando los embotellamientos actuales y potenciales del corredor, los proyectos requeridos para solucionar esos embotellamientos y la prioridad de esos proyectos basados en las ventajas totales para el corredor.
 - Proporcionar comentarios de la viabilidad general del corredor de Arizona-Guaymas.
- Fase II
 - Ampliar el estudio para incluir recomendaciones preceptivas, en términos de las prácticas de logística y de seguridad para el puerto, que permitirán que llegue a ser globalmente competitivo como un puerto pequeño de contenedores.
 - Identificar cómo el puerto de Guaymas puede servir como un punto estratégico de colaboración entre los estados de Arizona y Sonora. Las ventajas de esta colaboración pudieron incluir un aumento en la competitividad del corredor y atraer operaciones de más valor a la región.

Este informe cubre las actividades realizadas para la fase I. Esta es la única parte financiada por Departamento de Transporte de Arizona (ADOT, por sus siglas en inglés); y cubre el período del 1 Agosto del 2005 al 15 de Abril del 2006.

Según la declaración del trabajo aprobada, las tareas realizadas como parte de la Fase I incluyen las siguientes:

1. Identificación, evaluación, y clasificación de los estudios anteriores que tratan con el corredor.
2. Refinamiento de las tareas a ser realizadas en la Fase I.
3. Documentación de las condiciones actuales del puerto de Guaymas.
4. Identificación de los componentes principales de la infraestructura de la red del transporte entre el puerto de Guaymas y Tucson.
5. Documentación de la capacidad de cada uno de los componentes de la infraestructura.
6. Determinación de un escenario de la carga mínima para la terminal de contenedores.
7. Determinación de los tiempos esperados de tránsito entre las ciudades de Guaymas y Tucson.
8. Identificación de los embotellamientos y de las mejoras potenciales en el ferrocarril y las carreteras del corredor.
9. Preparación del alcance del trabajo para la Fase II.

En el resto de este informe proporcionamos un breve resumen de las actividades realizadas para lograr estas tareas.

2 Refinamiento de las Tareas

Las tareas iniciales enumeradas en la propuesta para realizar el Estudio de la Capacidad Logística del Corredor Guaymas-Tucson fueron presentadas al Comité del Consejo Técnico (TAC, por sus siglas en inglés) en la reunión interplenaria del 30 de Septiembre del 2005. De acuerdo con la retroalimentación de los miembros del TAC estas tareas fueron aprobadas en la reunión que ocurrió el 22 de Noviembre del 2005, en la Universidad Estatal de Arizona (ASU, por sus siglas en inglés).

Después de que los objetivos fueran aprobados por el TAC, se desarrolló un programa de actividades detalladas requeridas para terminar este proyecto. Las actividades fueron divididas en:

- Documentar los estudios anteriores relacionados con el corredor.
- Establecer un mínimo de carga para la terminal de contenedores.
- Analizar la infraestructura actual del puerto de Guaymas.
- Analizar la capacidad y la demanda de los puertos de entrada a los Estados Unidos.
- Revisar la infraestructura de las carreteras a lo largo del corredor.
- Revisar la infraestructura de las vías del ferrocarril a lo largo del corredor.
- Analizar globalmente el corredor.
- Definir el alcance del trabajo de las futuras actividades.

El resto de este informe está organizado según estas actividades.

3 Documentación de los Previos Estudios Relacionados con el Corredor

El propósito principal de esta actividad fue identificar estudios anteriores que tengan una relación directa o indirecta con el corredor de Sonora-Arizona de modo que no se hiciera ningún trabajo redundante. Para documentar y analizar los estudios anteriores que trataban del corredor seguimos los siguientes pasos:

1. Identificar los proyectos anteriores relacionados, con la ayuda de ADOT en los Estados Unidos y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) en México.
2. Analizar los proyectos y desarrollan una matriz que incluya los documentos investigados y sus contribuciones relevantes al proyecto actual.
3. Desarrollar un resumen de los resultados de los proyectos anteriores.
4. Identificar las áreas que no han sido analizadas por proyectos anteriores.
5. Incorporar, si es factible, las áreas identificadas en este proyecto.

Como una actividad inicial del Estudio de la Capacidad Logística del Corredor Guaymas-Tucson, los reportes anteriormente mencionados fueron identificados, recolectados y resumidos. Dichos documentos fueron identificados con la investigación literaria usando bases de datos de bibliografías y herramientas del Internet, de recomendaciones de los miembros del TAC, de la gente con experiencia en la región, y de la bibliografía de los estudios. La lista de los estudios analizados es:

1. Latin American Trade and Transportation Study (1997).
2. Arizona Port Efficiency Study (1997).
3. Impacts of Transportation and Education Policy on Trade and Development in the Arizona-Sonora Region (1998).
4. Arizona Trade Corridor Study (1999).
5. Arizona Rail Plan (2000).
6. US-Mexico Border: Better Planning, Coordination Needed to Handle Growing Commercial Traffic (2000).
7. Intelligent Transportation Systems at International Borders (2001).
8. The CANAMEX Corridor Coalition (2001).
9. Arizona's Border Issues (2002).
10. Nogales International Airport Master Plan (2002).

11. Nogales CyberPort Project: Comprehensive Report (2003).
12. Arizona's Global Gateway (2003).
13. The National I-10 Freight Corridor Study (2003).
14. Transportation/Logistics Research Project: Trade Flow Study (2004).
15. Move Arizona (2004).
16. Guaymas Master Development Plan (2005).
17. Mariposa US Port of Entry Feasibility Study (2005).
18. Nogales Railroad Assessment Study (2005).
19. Container Port Capacity Survey (2005).

Una de las tareas incluidas en la Fase I, fue compilar un resumen de los estudios anteriores (véase el apéndice B - La Lista Principal de los Estudios). El equipo eligió para resumir los resultados anteriores usando dos instrumentos:

- Una matriz en Excel.
- Un resumen escrito de los estudios anteriores.

Estos dos instrumentos son descritos a continuación.

Una matriz en Excel fue preparada con los varios estudios con la relevante información en la primera columna vertical. La matriz en Excel (el apéndice C) tiene cuatro hojas separadas: Flujos Reales, Pronóstico de los Flujos, Procesos, e Infraestructura –y cada una puede referirse a diversa información. Si un estudio particular contuvo información relevante, la fecha de la información es indicada. Por ejemplo, el estudio de Cyberport fue terminado en 2003, así que los datos reales del flujo se marcan 1994-2002. Observe que las fechas refieren generalmente a los datos subyacentes, más bien que la fecha de la publicación del estudio específico. Si se observan los rangos de las fechas, el estudio incluye datos históricos y/o los pronósticos para los años siguientes.

Un resumen de cada estudio fue preparado para describir los elementos principales del documento e indicar los resultados relevantes a este proyecto. Cuando fue apropiado, las tablas del contenido y las listas de tablas se copiaron de los estudios para la conveniencia del usuario de este informe. Se sugiere que los lectores primero observen la matriz para ver qué estudios pueden contener datos relevantes, y después ver los resúmenes o los estudios mismos para encontrar

flujos específicos, descripciones de procesos, o descripciones y sugerencias de la infraestructura. El resumen escrito es el apéndice B de este informe.

3.1 Resumen de la Revisión de Literatura

Diecinueve estudios que tenían una relación directa o indirecta con la demanda y capacidades del puerto de Guaymas fueron analizados, así como también estudios de la red de logística que incluyen a la ciudad de Guaymas. Estos estudios documentan la falta de crecimiento en Nogales, AZ desde 1998; que es el punto de entrada para el tráfico destinado Estados Unidos descargado en Guaymas. Solamente un estudio examinó directamente la competitividad en costo y tiempo del puerto Guaymas con el puerto de California de Long Beach, pero varios de los estudios documentan la necesidad de mejoras en los procesos del paso de la frontera en Nogales, en los ferrocarriles y los camiones de carga. Algunos de los estudios detallan la infraestructura entre Nogales, AZ y Tucson; así como la congestión actual y potencial en el I-10. Los estudios demuestran que mientras que hay un tráfico substancial entre el Norte-Sur de Sonora y Arizona, el volumen del tráfico del Este-Oeste es mayor a través de Arizona en ese tiempo.

Finalmente, no encontramos ningún estudio que documentara la competitividad del corredor de Guaymas-Arizona de la perspectiva de los costos totales de logística ni de su capacidad total.

4 Establecimiento de la Base de Carga para la Terminal de Contenedores

Puesto que el puerto de Guaymas no tiene actualmente una función programada para el servicio de contenedores a ninguna línea naviera, tuvimos que establecer un número mínimo hipotético de los contenedores sobre el cual basar el análisis total del corredor. Para establecer este mínimo de carga fueron planeadas las siguientes actividades:

1. Decidir la demanda mínima de TEU necesaria para programar una parada regular en el puerto.
2. Determinar el panorama más probable y optimista de la demanda de TEU una vez que el puerto de Guaymas comience el tráfico de recepción de contenedores.
3. Investigar los requisitos preliminares necesarios (en TEU) para hacer a una compañía naviera, programar una parada en el puerto de Guaymas.

Con respecto a la actividad 3, fue preliminarmente establecida una demanda semanal de 400 TEU. Esta demanda proporciona el número mínimo de contenedores para ser atractivo a una compañía naviera hacer una parada regular en el puerto de Guaymas. Al mismo tiempo este número de TEU representa el equivalente de un tren unitario del puerto de Guaymas a Tucson. Creemos que el uso potencial de un tren unitario de contenedores ayudaría a hacer el proyecto atractivo para la compañía Union Pacific (UP, por sus siglas en inglés) y Ferromex. Además, 400 TEU por semana son también comparables al nivel actual de negocio que algunas compañías navieras tienen en otros puertos mexicanos. A este respecto, los puertos de Ensenada y Mazatlán fueron utilizados como referencias directas para suponer el tráfico potencial de contenedores del puerto de Guaymas.

El puerto de Mazatlán proporciona una buena base para analizar a Guaymas desde la perspectiva del nivel actual de la infraestructura portuaria. También proporciona un buen punto de referencia como un puerto mexicano regional que tiene como objetivo el satisfacer las necesidades locales y seguir siendo bastante atractivo para que los administradores de líneas navieras internacionales hagan una parada regular en este puerto. El puerto de Mazatlán actualmente no es considerado un puerto con una terminal de contenedores totalmente desarrollada –por ejemplo, carece de muelles y grúas de muelles necesitadas para proporcionar un servicio eficiente a los nuevos barcos de contenedores. Este puerto basa su servicio en la disponibilidad que algunos barcos tienen de grúas propias para descargar los contenedores al puerto. Según los datos oficiales de SCT

(Dirección General de Puertos, 2005) en el año 2004 el puerto de Mazatlán manejó una carga de los envases equivalentes a 15,954 TEU –carga equivalente a 320 TEU por semana. Este nivel de negocio es suficientemente alto como para hacer atractivo que las nuevas compañías navieras establezcan un servicio regularmente programado de contenedores en el puerto. Por ejemplo, la compañía CP Ships ha comenzado una vez más servicio en Mazatlán con dos barcos: TMM Hidalgo y Lykes Racer. Cada barco tienen una capacidad aproximada de 1,700 TEU (Administración Portuaria Integral de Mazatlán, 2005).

En nuestra opinión, el puerto de Ensenada representa lo que el puerto de Guaymas debe perseguir en el corto a mediano plazo. El puerto de Ensenada tiene un terminal completamente funcional de contenedores con cuatro grúas del muelle. De acuerdo con conversaciones con el personal de Ensenada (Jauregui, 2005) estimábamos que el servicio proveído a las diversas compañías navieras que proporciona el puerto puede manejar un promedio de 300 TEU por semana. Según los datos oficiales de SCT (Dirección General de Puertos, 2005) se estimó que el puerto de Ensenada procesó 39,202 TEU en 2004 y que procesaría arriba de 65,000 TEU en 2005. Esto es equivalente a 784 y 1,300 TEU por semana respectivamente.

La Tabla 4.1 y la Tabla 4.2 proporcionan una comparación rápida de los tres puertos en términos de las instalaciones de navegación y de muelles (Administración Portuaria Integral de Mazatlán (2005), Administración Portuaria Integral de Guaymas (2005b) y Administración Portuaria Integral de Ensenada (2005)).

Tabla 4.1 – Comparación de los Tres Puertos

Descripción	Guaymas	Mazatlán	Ensenada
Canal de Acceso (mts)	12.3	12	12
Numero de Muelles	3*	4**	2
Largo, Profundidad del Muelle 1 (mts)	177, 11	160.25, 8.5 (calado)	182.3, 10
Largo, Profundidad del Muelle 2 (mts)	200, 11	165.45, 10 (calado)	300, 15
Largo, Profundidad del Muelle 3 (mts)	177, 11	356.12, 10.5 (calado)	--
Largo, Profundidad del Muelle 4 (mts)	--	144.2, 10.0 (calado)	--

* El puerto tiene actualmente 6 posiciones, 3 han sido identificadas para las operaciones de contenedores pero se convertirán en 2 por el plan maestro

** Éstos son los muelles generales de carga

Tabla 4.2 – Comparación de los Tres Puertos en Términos de Equipamiento

Descripción	Capacidad	Guaymas	Mazatlán	Ensenada
Grúas de Muelle	--	0	0	4
Grúas de Patio	35 Tons	1	--	--
Grúas de Patio	40 Tons	1	--	2
Montacargas (todos)	> 45,000 lbs	--	3	4
Montacargas	35,000 lbs	--	1	--
Montacargas	30,000 lbs	--	3	--
Montacargas	20,000 lbs	--	1	--
Montacargas	15,000 lbs	6	--	4
Montacargas	< 8,000 lbs	16	--	13
Grúa	20 Tons	1	--	3
Ganchos de Grúa	> 45,000 lbs	0	3	--
Plataformas	20 Tons	5	7	--
Plataformas	40 Tons	2	--	--
Camión con Remolque	--	3	7	8
Remolques	--	5	14	--

De las tablas anteriores, las diferencias principales entre los puertos son el equipo y las dimensiones de las instalaciones de los muelles. Por ejemplo, el puerto de Ensenada tiene la ventaja del tener cuatro grúas de muelle y un muelle con una profundidad de 15 metros. Sin embargo, el canal del acceso tiene una profundidad de 12 metros que limita la capacidad de los barcos que el puerto puede recibir. Una desventaja importante del puerto de Ensenada es que no es servido por ferrocarril. Así que todos los contenedores entrantes dejan el puerto en camiones de carga. Esto no es una desventaja considerable para las operaciones actuales del puerto puesto que de nuestras conversaciones con el personal del puerto de Ensenada (Jauregui, 2005), la mayoría de la carga que pasa por Ensenada tiene su origen o destinación principal la ciudad cercana de Tijuana, en particular para la industria maquiladora de Tijuana. Actualmente, solamente una porción muy pequeña de los contenedores cruza la frontera a los Estados Unidos. Así, el principal motor detrás del crecimiento de la carga que es manejada en Ensenada ha sido la economía regional. En hecho, el administrador de la terminal de contenedores está utilizando una estrategia de comercialización que se centra en la industria maquiladora, su alta productividad y confiabilidad (Jauregui, 2005). Sin embargo, el puerto de Ensenada ha podido capturar algo de la carga de contenedores originada en Sonora y destinada al Lejano Este.

La conclusión de la discusión anterior es que, aparte de la disponibilidad de las grúas de muelle, los tres puertos no son muy diferentes de uno a otro en términos de la infraestructura portuaria. Los puertos de Mazatlán y de Ensenada han podido basar sus operaciones en la carga generada por la economía regional y no solamente han podido sobrevivir, sino también en el caso del puerto de Ensenada, experimentar altos niveles del crecimiento (Dirección General de Puertos,

2004). La pregunta que necesita ser hecha es si la economía regional de Sonora puede apoyar las operaciones de un servicio regular programado de contenedores. Mientras que en esta fase del estudio no procuramos contestar esta pregunta específicamente, basado en el nivel del desarrollo de las regiones de la influencia de los puertos de Ensenada y de Mazatlán, nosotros trabajamos bajo la suposición que la respuesta a esta pregunta es afirmativa y que lo que falta por determinar es el nivel de carga que sería suficiente para atraer una línea naviera para comenzar un servicio regular de contenedores en Guaymas. Asumimos que este nivel (400 TEU por semana) debe ser más alto que los niveles actuales de carga manejados en Mazatlán o Ensenada en promedio por la compañías navieras. Esta suposición fue apoyada por la información proporcionada por las líneas navieras a José Luís Iberri, director del puerto de Guaymas (Iberri, 2005). La razón de esta suposición es que navegar a Guaymas representa una desviación significativa de las rutas marítimas regularmente programadas para el servicio de contenedores. La Tabla 4.3 proporciona las distancias y los tiempos de la navegación entre Guaymas y de otros puertos del interés.

Tabla 4.3 – Distancias y Tiempo desde Guaymas

Puerto	Distancia (Millas Náuticas)				
	Long Beach	Ensenada	Mazatlán	Manzanillo	Guaymas
Long Beach	0	139	1006	1206	1150
Ensenada	139	0	893	1069	1026
Mazatlán	1006	893	0	293	385
Manzanillo	1206	1069	293	0	656
Guaymas	1150	1026	385	656	0

Puerto	Tiempo (Horas)				
	Long Beach	Ensenada	Mazatlán	Manzanillo	Guaymas
Long Beach	--	6 – 10	41 -- 68	49 – 81	46 – 77
Ensenada	6 -- 10	--	36 -- 60	43 – 72	42 – 69
Mazatlán	41 -- 68	36 – 60	--	12 – 20	16 – 26
Manzanillo	49 -- 81	43 – 72	12 -- 20	--	27 – 44
Guaymas	46 -- 77	42 – 69	16 -- 26	27 – 44	--

Uno de los puntos importantes a considerar es identificar qué rutas marítimas deben ser objetivos para implementar una parada en Guaymas. Algunas de las rutas marítimas más comunes que mantienen la costa del Oeste de México se presentadas en la Figura 4.1 tomada de la página Web del puerto de Ensenada (http://www.puertoensenada.com.mx/principales_rutas.html).

Una práctica común es servir a los puertos de Manzanillo y de Ensenada usando la misma ruta (Figura 4.1). Si una compañía naviera fuera incluir a Guaymas en esta ruta, entre las paradas de Manzanillo y Ensenada, esta desviación representaría cerca de 613 millas náuticas, o entre 26 y 41 horas de tiempo de navegación adicional, dependiendo de la velocidad del barco. Por lo tanto, es perceptiblemente diferente si, por ejemplo, se incluyera a Mazatlán en una ruta programada, puesto que implicaría solamente 117 millas náuticas adicionales o entre 5 y 8 horas de navegación. Por lo tanto, la carga necesaria para justificar una parada en Guaymas debe ser más alta que la disponible en Mazatlán.

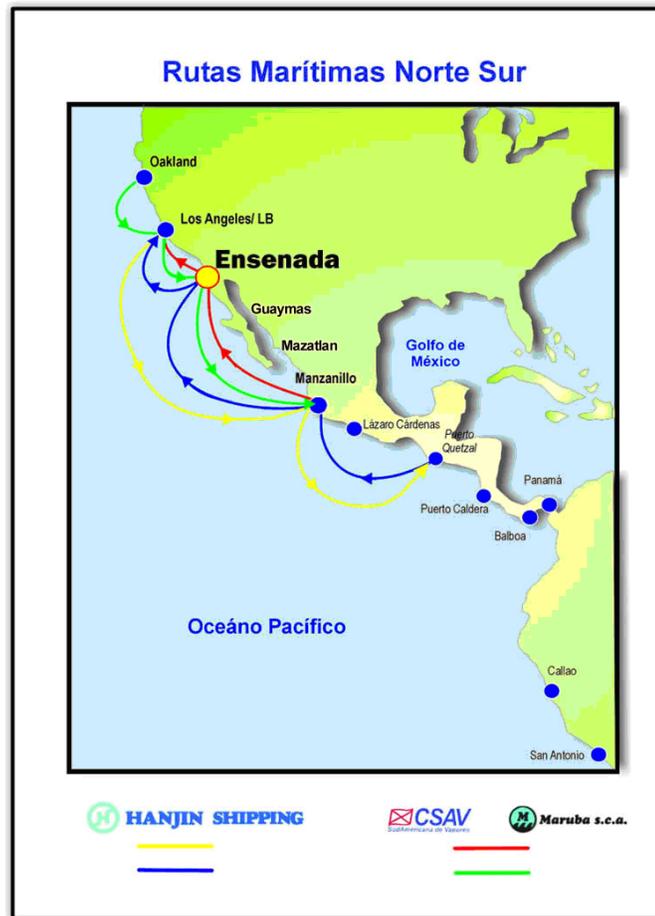


Figura 4.1 – Rutas Marítimas

Actualmente hay dos líneas navieras sirviendo al puerto de Mazatlán: Mediterranean Shipping Company (MSC) y CP Ships. De acuerdo con la información que proporciona por la SCT (Administración Portuaria Integral de Mazatlán, 2005) encontramos que el número de TEU para el año 2005 estaba levemente debajo de 20,000. Esta estimación es casi equivalente a 400 TEU por semana y 133 TEU por semana por compañía. También observamos el origen del tráfico a través del puerto de Mazatlán. Según datos oficiales del 2004 de la SCT, Sonora genera cerca del 40% de toda la carga que se exporta en contenedores y cerca del 11% de toda la carga que se importa en contenedores a través del puerto de Mazatlán (Dirección General de Puertos, 2005). Usando estas figuras estimamos que alrededor de 2,500 de los contenedores manejados por el puerto de Mazatlán en el año 2004 fueron generados por el estado de Sonora. Puesto que en la hora del análisis la información para 2005 no estuvo disponible, utilizamos la proyección del crecimiento del tráfico de contenedores para el 2005 que era el cerca de 35% sobre el 2004 para

estimar este número de contenedores en 3,300 para el 2005. Figura 4.2 y Figura 4.3 muestran el origen y la destino (en porcentaje) de la carga en contenedores que se mueve a través del puerto de Mazatlán. Los países de origen para los contenedores que se movieron en Mazatlán se muestran en la Figura 4.4.

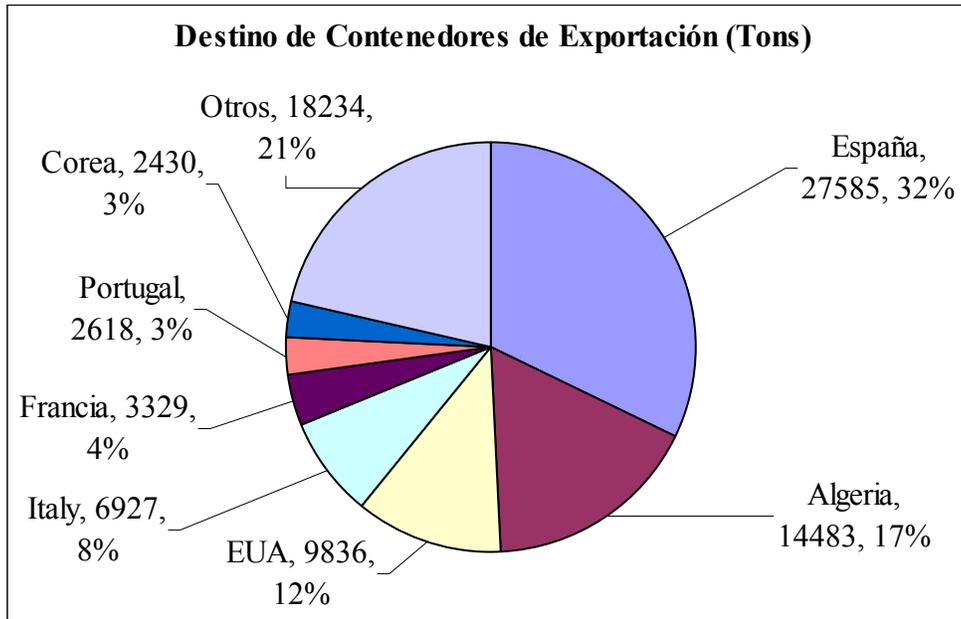


Figura 4.2 – Destino de Contenedores de Exportación

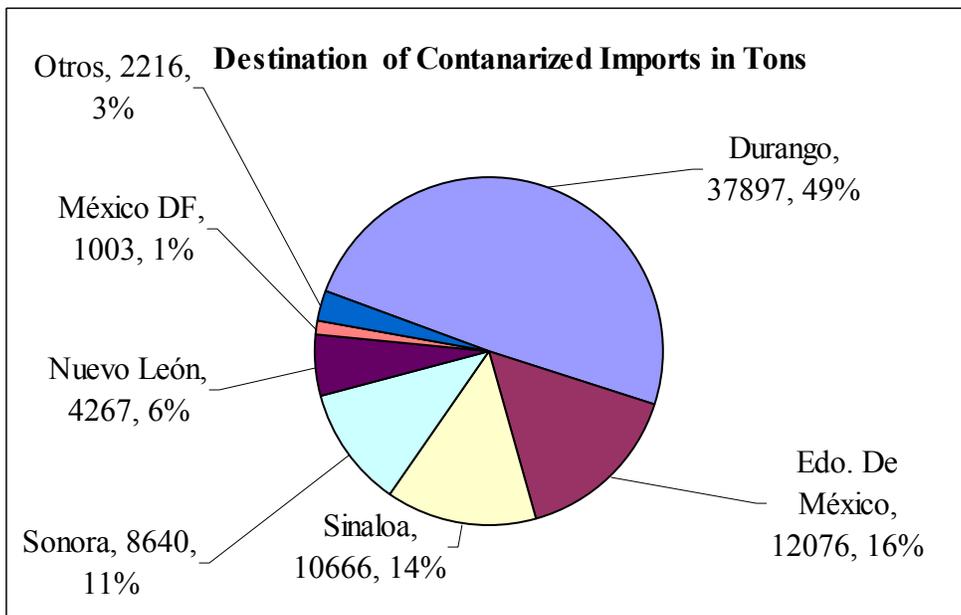


Figura 4.3 – Destino de Contenedores de Importación

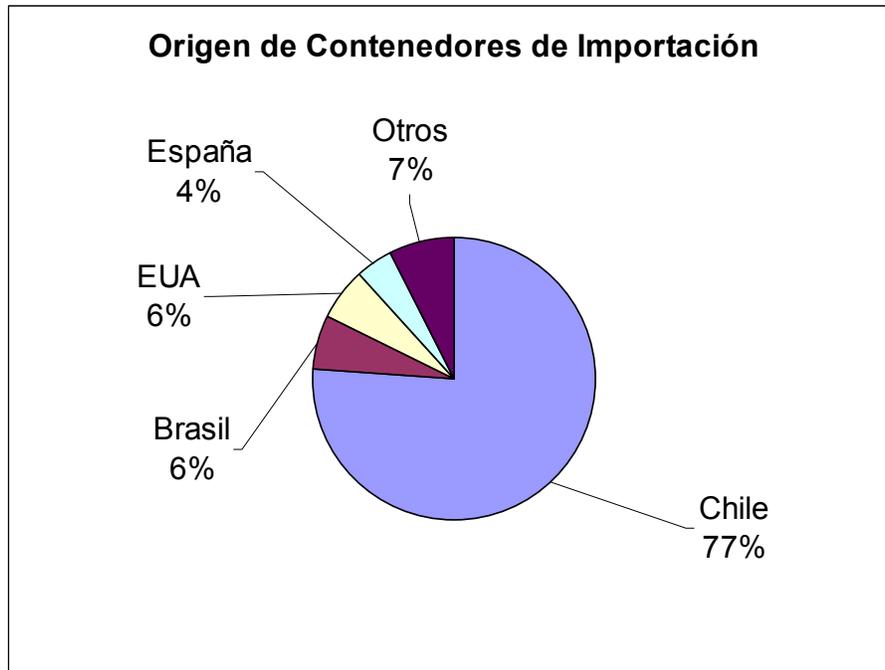


Figura 4.4 – Origen de Contenedores de Importación

En términos del puerto de Ensenada, basados en nuestra conversación con el personal de este puerto (Jauregui, 2005), estimamos que el promedio actual de TEU por la semana por cada compañía naviera está por debajo de los 300 TEU. Según los datos oficiales proporcionados por la SCT para el 2004 (Dirección General de Puertos, 2005) toda la carga en contenedores que son importados a través de Ensenada tiene como su destino final el estado de Baja California y el 100% de la carga de contenedores que es exportado de Ensenada tiene su origen los estados de Baja California y Sonora. De los productos enumerados según lo exportado en estos datos está claro que Sonora es un contribuidor importante a la carga exportada a través del puerto de Ensenada. Un cálculo aproximado sería que por lo menos el 10% de los contenedores exportados de Ensenada tienen como su origen el estado de Sonora. Si utilizamos este porcentaje y una aproximación de 30,000 contenedores exportados en el año 2005, calculamos una estimación de alrededor de 3,000 contenedores por año que se originan en el estado de Sonora.

También, supusimos que el número mínimo de los contenedores necesarios para comenzar un servicio programado de contenedores en Guaymas debe ser más alto que el de Ensenada, por lo tanto una estimación de 400 TEU por semana fue hecha. Esto sería la base mínima de carga para el puerto regional. De los datos anteriores creemos que hay actualmente por lo menos 160 TEU por semana de Sonora que se están moviendo a través de los puertos de Mazatlán y de Ensenada.

Este número de contenedores es mayor que nuestra estimación del número promedio de contenedores manejados por compañía en el puerto de Mazatlán para el año del 2005. Anticipamos que dos de las metas que se recomendarán para la segunda fase de este proyecto incluyen el refinamiento de las estimaciones del TEU generado para la zona de influencia del puerto de Guaymas y de discutir con las líneas navieras sus expectativas y requisitos particulares para establecer un servicio regular a y desde el puerto de Guaymas.

De la perspectiva del análisis del ferrocarril, 400 TEU representan aproximadamente 230 contenedores, la mezcla de estos contenedores sería de 170 contenedores de 40' y 60 contenedores de 20' (esto es equivalente a una mezcla de contenedores del 74-26%, o una mezcla de TEU del 85-15%), que alternadamente requeriría un solo tren con alrededor de 100 vagones para transportar estos contenedores de Guaymas (Empalme) a Tucson. También asumimos que cada vagón tiene una longitud media de 65', entonces un tren unitario de 100 vagones, más 2 ó 3 locomotoras aproximadamente de 210 pies, tendría una longitud total de alrededor de 6,710 pies, que es una longitud conveniente según las especificaciones actuales de los trenes que funcionan en el corredor. Este último resultado está asumiendo una mezcla de 33% de vagones unitarios, 33% de módulos de tres vagones y 33% de módulos de cinco vagones. Por lo tanto, el mínimo de carga propuesto también corresponde a lo que consideramos una estrategia eficiente del transporte a través del ferrocarril. Otra observación que necesita ser hecha es que en nuestro análisis asumimos para los diversos escenarios, de que todos los contenedores recibidos en Guaymas serían exportados a los Estados Unidos.

También establecimos el escenario “más probable” para Guaymas, después de que se establezca el servicio regular, el mismo nivel que el número de los contenedores actualmente pueda manejar el puerto de Ensenada, ó 1,200 TEU por semana. En este escenario la suposición es que hay varias líneas navieras con paradas programadas en el puerto de Guaymas. Creemos que este escenario estaría más en línea con el puerto de Guaymas siendo utilizado como entrada de contenedores a los Estados Unidos.

4.1 Resumen de Análisis del Mínimo de Carga

Establecimos un mínimo de carga para el análisis de la capacidad del corredor de 400 TEU por semana. Una segunda estimación de la carga ampliada de 1,200 TEU por semana también fue establecida. El primer escenario representaría nuestra valoración del panorama más probable en el comienzo de un servicio de contenedores en el puerto de Guaymas. El segundo escenario representaría los contenedores ampliados con más de una línea naviera sirviendo en el puerto.

Estos escenarios fueron fijados como un punto de partida del análisis de la capacidad y no como un estudio de viabilidad para atraer a una línea naviera para establecer una parada regular en el puerto de Guaymas. El análisis de esta viabilidad está más allá del alcance de esta investigación y es dejado como un paso lógico siguiente de este análisis.

5 Análisis del Puerto de Guaymas

Dado que el Puerto de Guaymas es un componente esencial del Corredor, fue el primer elemento analizado. Dicho análisis estuvo compuesto por las siguientes actividades:

1. Hacer un inventario de la infraestructura actual.
2. Determinar la capacidad actual y máxima (en TEU) de la infraestructura existente.
3. Identificar los servicios ofrecidos en el puerto.
4. Documentación del mapa del proceso propuesto para la operación de una terminal de contenedores en el puerto.
5. Desarrollar un modelo de simulación para determinar la capacidad del puerto en TEU.
6. Identificar las restricciones de la capacidad del puerto.

Las actividades 1, 3 y 4 fueron realizadas mediante entrevistas con el personal del Puerto y otras personas interesadas, durante visitas que hizo el equipo de investigadores al Puerto de Guaymas. Una lista de dichas visitas y juntas se muestra en el Apéndice G. Las visitas también sirvieron en la preparación del mapa del proceso que se encuentra incluido en el Apéndice D. A su vez este mapa fue utilizado en diferentes análisis que se describen en este documento. En esta sección del reporte primeramente describiremos la infraestructura actual del puerto, después haremos comentarios generales sobre dicha infraestructura y la infraestructura base utilizada para el análisis del Puerto de Guaymas, proseguiremos describiendo ampliamente la simulación y los diferentes escenarios utilizados para su análisis. Finalmente presentaremos los resultados del estudio de simulación y concluiremos con recomendaciones sobre la infraestructura del puerto. Cada una de las actividades antes mencionadas se describe a continuación.

5.1 Inventario de la Infraestructura Actual

Utilizamos cuatro diferentes fuentes de información para establecer cual es la infraestructura actual del puerto: visitas al puerto, información contenida en el Plan Maestro del Puerto de Guaymas (Figura 5.1), entrevistas con el personal del puerto e información disponible en la página de Internet del puerto (*Administración Portuaria Integral de Guaymas*, 2005 & 2005b). Enfocamos nuestra atención principalmente en la infraestructura disponible para la operación de una terminal de contenedores.



Figura 5.1– Plan Maestro del Puerto de Guaymas

El Puerto de Guaymas tiene actualmente seis muelles en el área general de atraque. Esas posiciones se muestran en la Figura 5.1. Las dimensiones en metros para cada una de las posiciones de atraque se muestran en la Tabla 5.1.

El puerto ha identificado los muelles 2, 3 y 4 para comenzar la operación de contenedores. El Plan Maestro del Puerto establece que se hará una consolidación de los muelles 2, 3 y 4 y la definición de dos con una profundidad de 11 metros y un largo de 288.5 metros cada uno. Por esta razón, el análisis

Tabla 5.1 – Dimensiones de Muelles

Muelle	Largo (mts)	Prof. (mts)
1	297	3
2	200	10
3	177	10
4	200	11
5	175	13
6	175	13

de la capacidad esta basado en la existencia de estos dos muelles. Esto implica el dragado de los muelles 2 y 3 para obtener la profundidad establecida. Una interrogante que pudiera surgir es si esta profundidad es suficiente para establecer un servicio de contenedores. Para responder esta pregunta investigamos sobre la profundidad de puertos similares. En particular utilizamos como punto de comparación a los puertos de Mazatlán y Ensenada. La información fue presentada en la Tabla 4.1. De estos datos

podemos ver que el Puerto de Guaymas tiene posiciones de atraque más profundas que el Puerto de Mazatlán y un poco menos profundas que la principal posición del Puerto de Ensenada.

También revisamos la infraestructura disponible en un puerto al que le de servicio alguna de las principales compañías navieras como son el Puerto de Manzanillo y Colombo (Sir Lanka). Información relevante al respecto de estos puertos se resume en la Tabla 5.2. Esta información se obtuvo de la pagina de Internet del Puerto de Manzanillo (*Administración Portuaria Integral de Manzanillo*, 2005) y de la publicación de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (Galhena, 2003). La información sobre Guaymas esta basada en el supuesto explicado anteriormente. El Puerto de Manzanillo procesó más de 800,000 TEU en el año 2004 y el Puerto de Colombo sobre 1,700,000 en el año 2002.

Tabla 5.2 – Resumen de Información Relevante

Descripción	Guaymas	Manzanillo	Colombo
Prof. del Canal de Acceso (mts)	12	16	15
Muelles para contenedores	2	2	4
Largo y Prof. Muelle 1 (mts)	289, 11	250, 14	300, 12
Largo y Prof. Muelle 2 (mts)	289, 11	250, 14	332, 13
Largo y Prof. Muelle 3 (mts)	--	--	330, 14
Largo y Prof. Muelle 4 (mts)	--	--	330, 14

Respecto a la preparación del Puerto de Guaymas para establecer una terminal de contenedores, hay dos principales diferencias entre la infraestructura disponible en Guaymas comparada con la de Ensenada y Colombo: la profundidad del canal de acceso, y la disponibilidad de grúas de muelle. Para poder ver el impacto de no tener mayor profundidad en los muelles de Guaymas, se analizo el calado máximo (totalmente lleno) de barcos que atracaron en el Puerto de Manzanillo durante el año 2005 (hasta Noviembre) y luego comparamos esta información con la profundidad disponible en Guaymas. Para hacer dicha comparación asumimos que el calado máximo que puede atracar en Guaymas es igual a la profundidad del muelle menos un metro, o 10 metros de calado. La Figura 5.3 muestra la distribución del calado máximo (totalmente lleno) de barcos de contenedores (equipados con grúas) que atracaron en el puerto de Manzanillo durante los primeros once meses del año 2005 (la hoja de Excel con arribos fue obtenida de la Dirección General de Puertos, 2005b). La línea rojo representa el límite máximo de calado impuesto por la profundidad de las posiciones de atraque. La línea verde representa el mismo limite pero bajo el supuesto de haber dragado el canal de acceso a la misma profundidad de las posiciones de atraque. Es importante recalcar que dicho límite no necesariamente aplica a todos los barcos, solamente cuando están totalmente llenos.

Sin embargo, para tener flexibilidad y poder crecer en el futuro creemos que un análisis estratégico sobre la profundidad de las diferentes zonas de navegación del puerto –en particular el área de atraque, debe ser realizado. Esto es especialmente cierto dado que la tendencia actual de los principales puertos es dragar más para poder servir a los barcos de contenedores más grandes y modernos que requieren profundidades de hasta 15 metros.

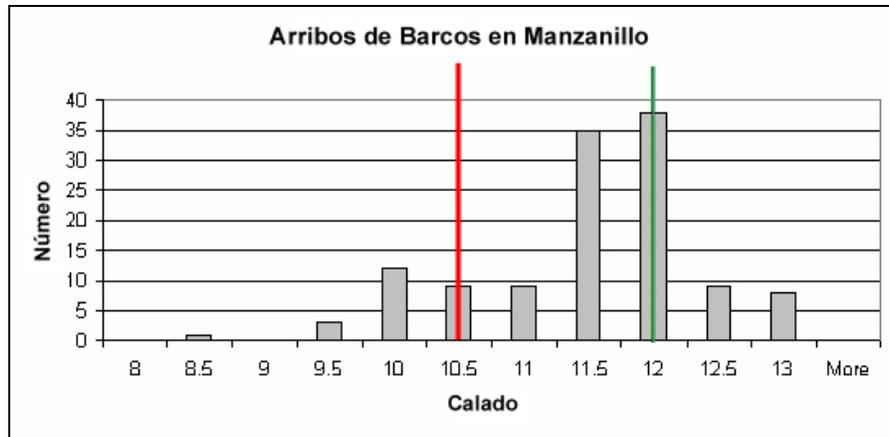


Figura 5.3 – Distribución del Calado Máximo

Como parte de las actividades relacionadas con el inventario de la infraestructura actual, realizamos una inspección física de todas las áreas del puerto de Guaymas y fotografiamos las principales áreas de trabajo. En la



Figura 5.2 – Equipo de manejo en el Puerto de Guaymas

Figura 5.2, presentamos uno de los patios de contenedores propuestos, con una parte de la infraestructura actual para el manejo de contenedores.

En esta imagen podemos observar una grúa de marco y un tractocamión para el manejo de contenedores.

5.2 El Modelo de Simulación

El Puerto de Guaymas no tiene una terminal de contenedores en operación actualmente. Por esta razón no fue posible medir directamente los procesos para establecer la capacidad de dicha

terminal. Para poder tener una estimación de esta capacidad nos basamos en modelos de simulación que se desarrollaron específicamente para analizar el desempeño potencial de una terminal de contenedores en operación y para determinar una estimación preliminar de la capacidad del Puerto en TEU. Los modelos fueron hechos utilizando el paquete de simulación ProModel® V6.0, y se enfocaron en obtener una válida y lógica representación del desempeño del puerto si una terminal de contenedores es establecida.

Algunos de los elementos incluidos en la programación del modelo son: niveles de infraestructura actual y esperada, programa de arribos de barcos de contenedores, operaciones internas de la terminal de contenedores y procesos de entrada y salida de contenedores por tren y por camión. Las características del modelo son acordes a las propuestas en el Plan Maestro (*Administración Portuaria Integral de Guaymas, 2005*) desarrollado por el Puerto de Guaymas. Pero para realizar un modelo de simulación mas real, un inventario de equipo un poco diferente al con que actualmente se cuenta en el Puerto es necesario. La Tabla 5.3 presenta una comparación entre el equipamiento actual en el puerto y el que se asumió para los dos escenarios generales

Tabla 5.3 – Infraestructura entre el Estado Actual y los Escenarios Simulados

Descripción	Estado Actual	Escenario 1	Escenario 2
Grúas de Muelle	--	--	2
Grúas de Marco	2	3	3
Montacargas	22	12	12
Chasis	7	12	12
Tractocamiones	3	7	7
Tracmovil	5	12	12
Capacidad del Patio (contenedor)	--	6552	6552

considerados en la simulación. Para una descripción mas detallada sobre los supuestos del modelo, el lector es referido al Apéndice I, que incluye un reporte completo del análisis de simulación.

Dado que no hay una operación de una terminal de contenedores en el puerto, diseñamos una operación potencial de la terminal basados en el análisis de puertos similares, el Manual para el Desarrollo de Puertos de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, 1985) y de entrevistas con el personal de operaciones del Puerto de Guaymas. La interfase grafica de la simulación se puede observar en la Figura 5.4, que muestra el diseño final de la terminal de contenedores y sus diferentes áreas.

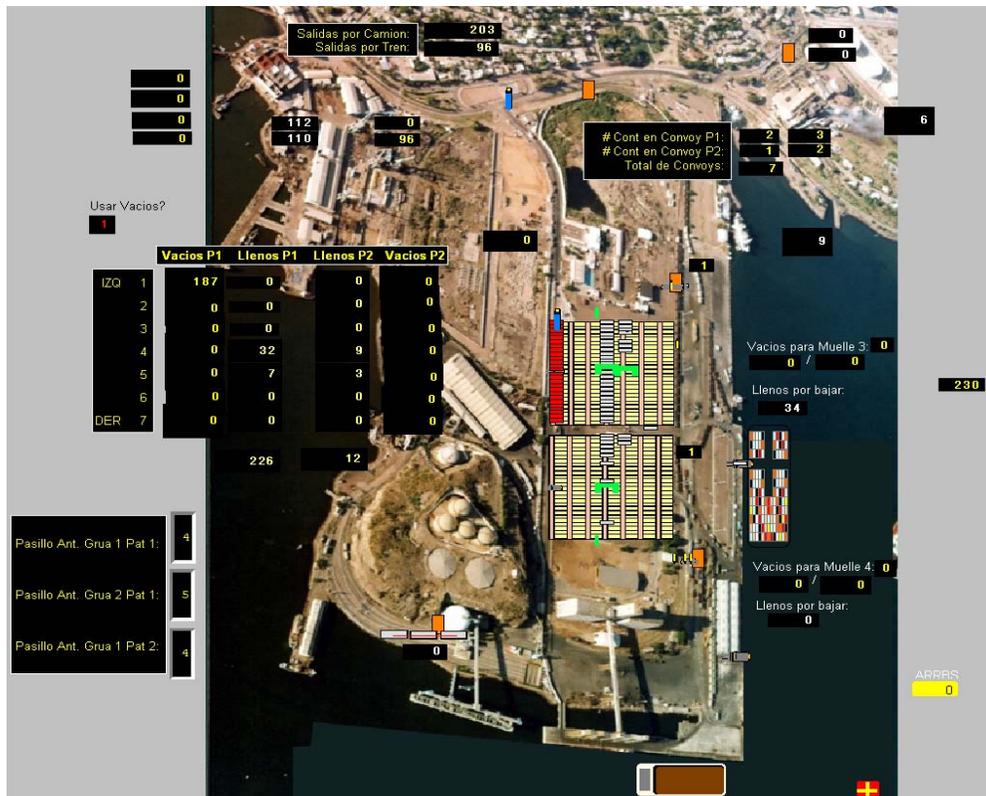


Figura 5.4 – Interfase del Modelo de simulación

El objetivo principal de la simulación fue estimar la capacidad actual, los requerimientos de recursos (grúas, tractos, montacargas) y los cuellos de botella. Este método hace posible la generación de diferentes escenarios con las diferentes configuraciones del puerto (disponibilidad de recursos y capacidad, arribos y políticas de tiempos de servicio) para evaluar los diferentes resultados potenciales. La Tabla 5.4 presenta los diferentes escenarios analizados. La primera columna muestra el número del escenario. La segunda columna muestra el número de TEU que llegaran semanalmente al puerto. En este caso utilizamos tres diferentes niveles: el nivel base de 400 TEU por semana; un escenario de 1,200 TEU semanales; y un tercer escenario de 2,000 TEU en la semana como limite superior de la capacidad actual del puerto –esto es 175,000 TEU por año aproximadamente. Este tercer escenario se estableció observando la utilización del equipo del Puerto bajo demanda alta. Creemos que esta capacidad representa un escenario conservador para las condiciones actuales del Puerto, y podría ser revisado e incrementado una vez que la configuración exacta de la terminal sea establecida y analizada.

Las tercera y cuarta columnas contienen el numero total de contenedores de importación y exportación que están pasando por el puerto. Para obtener estos números hicimos el supuesto de

que los contenedores vacíos para exportación serían equivalentes al 70% de los llenos que llegan al puerto; y una mezcla de dos tamaños de contenedores 40' (74%) y 20' (26%). La quinta y la sexta columnas muestran la mezcla de contenedores (en porcentaje) que salen el Puerto de Guaymas por tractocamión y por tren. La siguiente columna es el número total de grúas de marco supuestas en cada escenario. En este caso asumimos tres grúas para la operación que es una más de las que ya estaban disponibles cuando se realizó el inventario de la infraestructura del puerto. La siguiente columna representa el número de grúas de muelle consideradas en la simulación –y se utilizaron dos niveles: cero y dos grúas. El primer caso representa el nivel actual y el segundo representa lo que creemos hará el puerto factible, en cuanto a tiempos de ciclo por barco se refiere, para atraer líneas navieras. Equipar el Puerto con grúas, sin embargo, representa la inversión principal considerada en este análisis. La columna nueve representa el número de grúas en el barco para descargar contenedores cuando las grúas de muelle no están disponibles. Las columnas 10 a la 15 muestran el resto del equipo considerado para cada escenario. Esta infraestructura es la misma o un poco mayor a lo que está disponible actualmente en el puerto.

Tabla 5.4 – Escenarios Analizados para la operación del Puerto de Guaymas

Casos	TEU	Cont./Semana		Método Envío		Tracto	Tracto FC	Grúa Patio	Grúa Muelle	Grúa Barco	Monta- cargas	Modulo	Remol- cador
		Llenos	Vacíos	Trailer %	Tren %								
1	400	230	168	0	100	12	8	3	0	2	12	15	2
2	400	230	168	100	0	12	8	3	0	2	12	15	2
3	400	230	168	50	50	12	8	3	0	2	12	15	2
4	400	230	168	30	70	12	8	3	0	2	12	15	2
5	400	230	168	70	30	12	8	3	0	2	12	15	2
6	1200	690	480	0	100	12	8	3	0	2	12	15	2
7	1200	690	480	100	0	12	8	3	0	2	12	15	2
8	1200	690	480	50	50	12	8	3	0	2	12	15	2
9	1200	690	480	30	70	12	8	3	0	2	12	15	2
10	1200	690	480	70	30	12	8	3	0	2	12	15	2
11	400	230	168	0	100	12	8	3	2	0	12	15	2
12	400	230	168	100	0	12	8	3	2	0	12	15	2
13	400	230	168	50	50	12	8	3	2	0	12	15	2
14	400	230	168	70	30	12	8	3	2	0	12	15	2
15	400	230	168	30	70	12	8	3	2	0	12	15	2
16	1200	690	480	0	100	12	8	3	2	0	12	15	2
17	1200	690	480	100	0	12	8	3	2	0	12	15	2
18	1200	690	480	50	50	12	8	3	2	0	12	15	2
19	1200	690	480	70	30	12	8	3	2	0	12	15	2
20	1200	690	480	30	70	12	8	3	2	0	12	15	2
21	2000	1150	800	50	50	12	8	3	0	2	12	15	2
22	2000	1150	800	50	50	12	8	3	2	0	12	15	2

Tabla 5.5 – Resultados de los Escenarios Analizados para la Operación del Puerto

Casos	Cont./Semana			Método Envío		T/C Barco	Tiempo Muelle	Tiempo Tren	Tiempo Trailer	# Cont Tren	# Cont Trailer	# Cont Patio	Util. Muelle	Max Patio
	TEU	Llenos	Vacios	Trailer (%)	Tren (%)									
1	400	230	168	0	100	27.12	25.62	32.32	--	24112.7	--	123.18	0.15	384
2	400	230	168	100	0	27.05	25.55	--	11.09	--	24109	92.52	0.15	311
3	400	230	168	50	50	27.1	25.6	30.27	11.14	11878.4	12233	106.39	0.15	314
4	400	230	168	30	70	27.05	25.56	29.03	12.04	16656.8	7429	110.91	0.15	328
5	400	230	168	70	30	27.05	25.55	37.03	11.09	7112	16987	103.42	0.15	314
6	1200	690	480	0	100	26.02	25.25	33.32	--	71881.6	--	192.83	0.45	391
7	1200	690	480	100	0	26.01	25.23	--	11.09	--	718812	99.57	0.45	315
8	1200	690	480	50	50	26.03	25.25	26.71	11.18	35579.2	36353	132.49	0.45	319
9	1200	690	480	30	70	26.02	25.25	28.43	12.58	49844	22073	152.22	0.45	337
10	1200	690	480	70	30	26.03	25.25	28.89	11.11	21327.2	50619	121.77	0.45	309
11	400	230	168	0	100	12.17	10.82	32.3	--	24100.8	--	125.72	0.06	466
12	400	230	168	100	0	12.16	10.8	--	7.12	--	24115	90.1	0.06	436
13	400	230	168	50	50	12.2	10.83	26.56	7.07	11916.8	12213	104.33	0.06	445
14	400	230	168	70	30	12.2	10.84	32.63	7.16	7150.4	16981	101.72	0.06	450
15	400	230	168	30	70	12.2	10.84	29.48	6.97	16734.4	7403	112.59	0.06	454
16	1200	690	480	0	100	11.48	10.75	31.44	--	71856.8	--	201.16	0.19	474
17	1200	690	480	100	0	11.46	10.73	--	7.11	--	71855	98.77	0.19	446
18	1200	690	480	50	50	11.48	10.74	23.94	7.07	35636.8	36296	134.35	0.19	449
19	1200	690	480	70	30	11.48	10.75	25.29	7.17	21276.8	50617	122.12	0.19	445
20	1200	690	480	30	70	11.48	10.75	27.04	6.97	49760	22187	157.2	0.19	461
21	2000	1150	800	50	50	24.3	23.7	25.1	11.23	70980	72624	160.83	0.83	311
22	2000	1150	800	50	50	10.71	10.14	23.01	7.09	71068	72628	168.89	0.35	436

Los resultados correspondientes a cada uno de los escenarios anteriores se muestran en la Tabla 5.5. Las primeras seis columnas muestra información sobre el escenario siendo analizado. La columna 7 muestra el tiempo de ciclo de los barcos en horas. Este es el tiempo que requiere un barco para ser servido por el Puerto desde que llega a la bolla de entrada y hasta que abandona el puerto después de haber sido procesado. La octava columna muestra el tiempo en horas que el barco estuvo atracado en el muelle. Las columnas nueve y diez representan el tiempo que le llevo a un contenedor para salir del puerto en horas desde que llego en el barco hasta que se envía ya sea por tren o por tractocamión. Las siguientes dos columnas, 11 y 12; muestran el numero de contenedores que fueron enviados por tren o por tractocamión en los dos años que se corrió la simulación. La treceava columna contiene el número de contenedores en promedio que se mantuvieron almacenados en el patio de contenedores durante el tiempo de simulación. La catorceava columna despliega la utilización promedio para el muelle tres. En este caso es importante recalcar que el muelle cuatro (segundo disponible para contenedores) no fue utilizado al correr la simulación. La ultima columna se refiere a la utilización máxima (en contenedores) del patio de contenedores. Durante el análisis se asumió que el Puerto trabaja 24 hors/7 días a la

semana y que los arribos de barcos estaban uniformemente distribuidos durante la semana y traían consigo 400 TEU en promedio. Algunos de los resultados derivados del modelo de simulación incluyen:

1. Hay una diferencia significativa entre los tiempos de ciclo cuando el puerto esta operando bajo el supuesto de tener grúas de muelle y cuando no. Esta diferencia es de aproximadamente 14 horas. El tiempo promedio sin grúas de muelle es de 26.34 horas y para los escenarios con grúas de muelle es de 11.73 horas (ver Figura 5.5 y Figura 5.6).

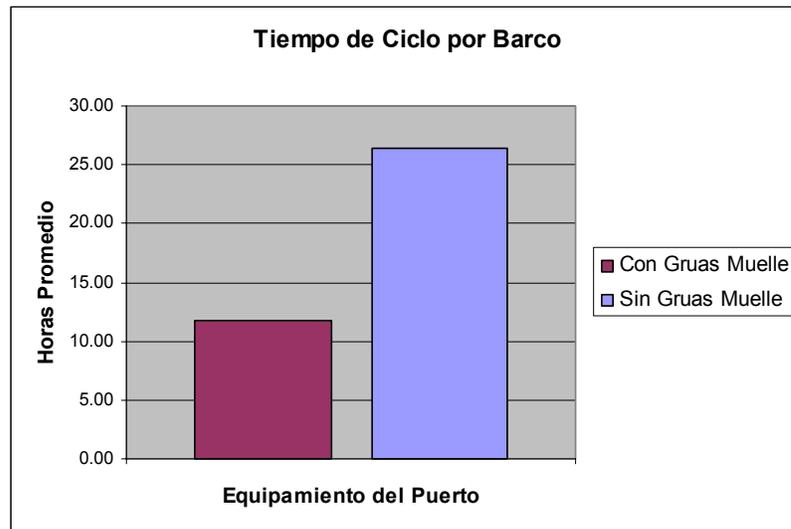


Figura 5.5 – Tiempo de Ciclo por Barco

Esto es consistente con los tiempos de ciclo reportados por el Puerto de Manzanillo en escenarios similares (Ver Apéndice I).

2. La capacidad del patio de contenedores no represento una restricción bajo las condiciones de la simulación. Sin embargo, un supuesto utilizado fue que los contenedores serian enviados tan pronto como un tractocamión o tren estuviera disponible. Esto es consistente con una operación de transbordo (o exportación), pero muy optimista para una operación domestica.
3. Bajo las condiciones de simulación, las posiciones de atraque no parecen ser una restricción mayor sobre la capacidad del puerto. Sin embargo, se observo que la utilización de uno de los muelles, durante los niveles máximos de demanda, se aproximó

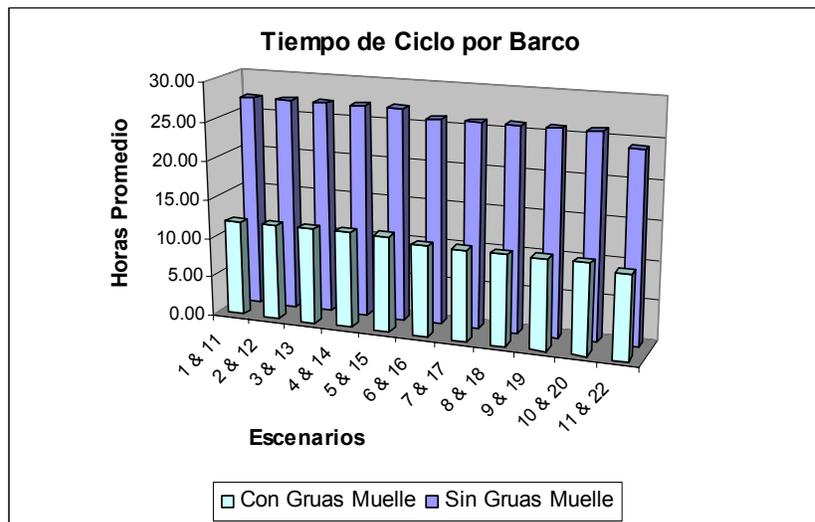


Figura 5.6 – Tiempo de Ciclo por Barco por Escenario

a 85% si las grúas de muelle no estaban disponibles. Esto es en contraste al 35% observado cuando se asumió la disponibilidad de dichas grúas. Algo que debemos mencionar es que la simulación solamente utilice uno de los dos muelles disponibles. A simple vista esto pudiera indicar que la capacidad reportada (175,000 TEU) seria utilizando un solo muelle. Sin embargo, no podemos hacer esa aseveración ya que la simulación se corrió asumiendo que los arribos de barcos estarían distribuidos uniformemente. Esto es poco probable en una situación real. Por consiguiente, la capacidad reportada debe ser bajo la premisa de tener dos muelles disponibles. Una simulación de mayor resolución pudiera ser utilizada para refinar el estimado de la capacidad.

4. Aun cuando la simulación no se corrió al límite de la capacidad del puerto, podemos inferir que el factor grúas (o la ausencia de ellas) fue el principal determinante de la capacidad de operación de la terminal de contenedores.
5. La capacidad máxima analizada se basó en operaciones similares. Creemos que esta capacidad (aproximadamente 175,000 TEU al año) representa un límite inferior de la capacidad real del puerto. Sin embargo, con la información disponible al momento de realizar el estudio este fue un estimado con el que nos sentimos confiados. Un estudio más preciso pudiera ayudar a revisar la capacidad del Puerto de Guaymas.

Desde la perspectiva del tiempo requerido para que un contenedor salga del puerto, una vez que fue desembarcado, podemos ver que la opción de tractocamión es más eficiente (ver Figura 5.7 & Figura 5.8). Sin embargo, esta alternativa puede ser significativamente más costosa que el uso de tren.

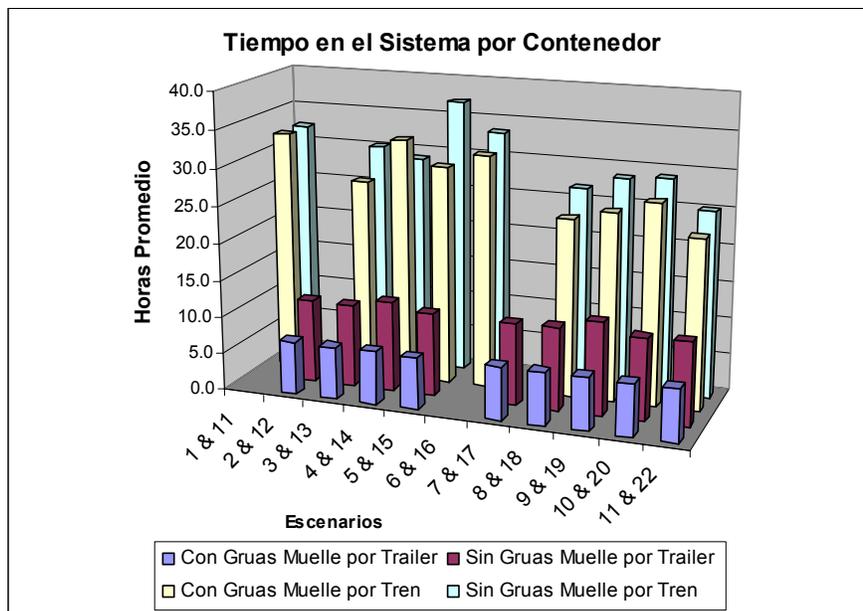


Figura 5.7 – Tiempo en el Sistema por Contenedor

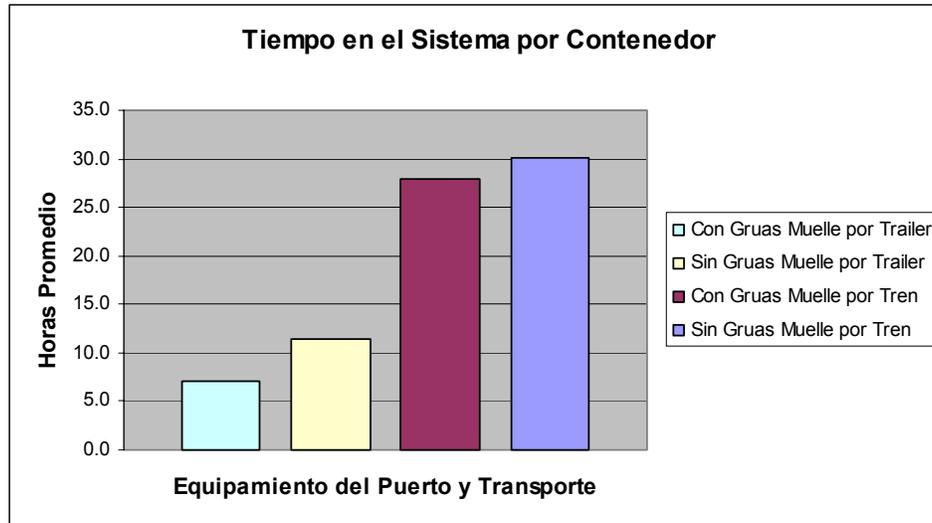


Figura 5.8 – Tiempo en el Sistema por Contenedor

Para poder verificar y validar el modelo de simulación seguimos dos técnicas: verificar con expertos y comprar los resultados de la simulación con operaciones de características similares. Después de que la primera versión de la simulación estuvo lista, invitamos al personal de operaciones del Puerto de Guaymas para revisar la simulación y los supuestos incluidos en el modelo. De esta revisión, el personal del Puerto estuvo de acuerdo en la validez general de los supuestos y se hicieron algunos ajustes menores en el modelo.

Para continuar la validación del modelo comparamos las medidas de desempeño arrojadas por la simulación con la información disponible de la operación de contenedores en el Puerto de Manzanillo. Hicimos dicha comparación de la operación, basados en los tiempos de ciclo de los barcos utilizando sus propias grúas, y también el caso donde las grúas de muelle estuvieran disponibles (ver Apéndice I). Los resultados obtenidos dieron soporte a la validez del modelo de simulación. Aun cuando creemos que dicho modelo refleja la operación general de una terminal de contenedores, también creemos que este modelo puede ser mejorado significativamente teniendo acceso a información mas precisa sobre la operación. Por ejemplo, algunos de los parámetros están basados en promedios históricos en lugar de distribuciones de tiempo precisas. La disponibilidad de esta información permitiría obtener mayor resolución y mayor precisión en el modelo de simulación.

5.3 Resumen de la Infraestructura del Puerto de Guaymas

Desde la perspectiva de la infraestructura, creemos que el Puerto de Guaymas, con algunas mejoras menores como la adquisición de equipo para el manejo de contenedores en los patios,

esta listo para comenzar un servicio de contenedores comparable al del Puerto de Mazatlán; esto es, un servicio de contenedores regional.

Sin embargo, la principal limitante actualmente en la capacidad del puerto es la falta de grúas de muelle. Esto provoca que el Puerto de Guaymas pueda ofrecer un servicio a barcos modernos que no están equipados con grúas propias. Esto a su vez puede limitar el potencial del Puerto de Guaymas para servir como una entrada eficiente de contenedores con destino fuera de la región. Para poder proveer de este servicio creemos que al menos dos grúas son necesarias. La capacidad exacta y las características de las grúas de muelle axial como asuntos relacionados, como es la necesidad de reforzar el sistema de pilotes del puerto esta más allá del alcance de este estudio.

En nuestro análisis hemos hecho supuestos sobre el tipo de infraestructura y el nivel de servicio requerido para atraer una de las principales líneas navieras a establecer una llegada regular al puerto. Sin embargo, los requisitos exactos en términos de servicio y demanda deben ser explorados junto con dichas compañías. También asumimos que el desempeño operacional del Puerto y las autoridades que en él trabajan es eficiente, pero rara vez este es el caso en la operación de puertos Mexicanos (Peyrelongue et al., 2003), por consiguiente también recomendamos analizar más profundamente todas las operaciones relacionadas con la importación y exportación de carga en el Puerto. Ambos puntos antes mencionados se dejan abiertos para trabajo en el futuro.

6 Análisis del Puerto de Entrada de Mariposa

El objetivo principal del análisis del Puerto de Entrada (POE por sus siglas en inglés) de Mariposa en la frontera de Nogales, fue determinar el impacto que la operación de una terminal de contenedores en Guaymas tendría en las operaciones del puerto. Algunas de las métricas de desempeño seleccionadas para evaluar dicho impacto incluyen: tiempo promedio para un tractocamión cruzar el POE y las horas de operación que Mariposa requiere para procesar toda la demanda de un día.

En análisis del POE se dividió en las siguientes actividades:

1. Documentar el mapa del proceso de las operaciones requeridas para inspeccionar un trailer.
2. Desarrollar un modelo de simulación para estimar: capacidad, cuellos de botella y tiempos de ciclo.
3. Obtener información en la demanda y flujo esperados.
4. Identificar cuellos de botella en las operaciones.

Como se muestra en la Figura 6.1, la información obtenida de la simulación del Puerto de Guaymas fue utilizada en el modelo de simulación de Mariposa para obtener los resultados necesarios. Una breve descripción del mapa del proceso y de la simulación desarrollada se presenta a continuación.

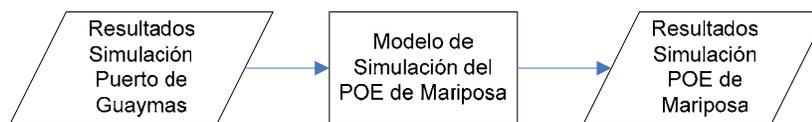


Figura 6.1 – información de la simulación del POE de Mariposa

El Mariposa POE es el nombre asignado a las instalaciones por las cuales los vehículos comerciales entrando a los Estados Unidos (EU) deben cruzar en la ciudad de Nogales. Cuando un trailer entra el proceso de inspección, puede ser liberado automáticamente o ser requerido para diferentes estaciones de inspección antes de autorizarlo para cruzar del puerto a los EU.

El sistema puede ser dividido en cuatro secciones diferentes:

1. **Pre-inspección e inspección Primaria:** Estos son los dos primeros pasos del proceso y todos los tráileres deben pasar por aquí.
2. **inspección Secundaria:** Diferentes tareas pueden llevarse a cabo en esta sección – revisión de documentos, 100% inspección (bajar toda la carga de las cajas), inspección de armas y materiales peligrosos, entre otros.
3. **Rayos X:** Hay tres estaciones de inspección de rayos X.
4. **Área de ADOT:** inspección de seguridad por la División de Vehículos Motorizados de ADOT y otras inspecciones federales se llevan a cabo aquí.

El diagrama de flujo en la Figura 6.2 muestra la lógica mediante la cual los tráileres se mueven en la simulación. Para mayor detalle sobre el proceso en el POE de Mariposa ver Apéndice D.

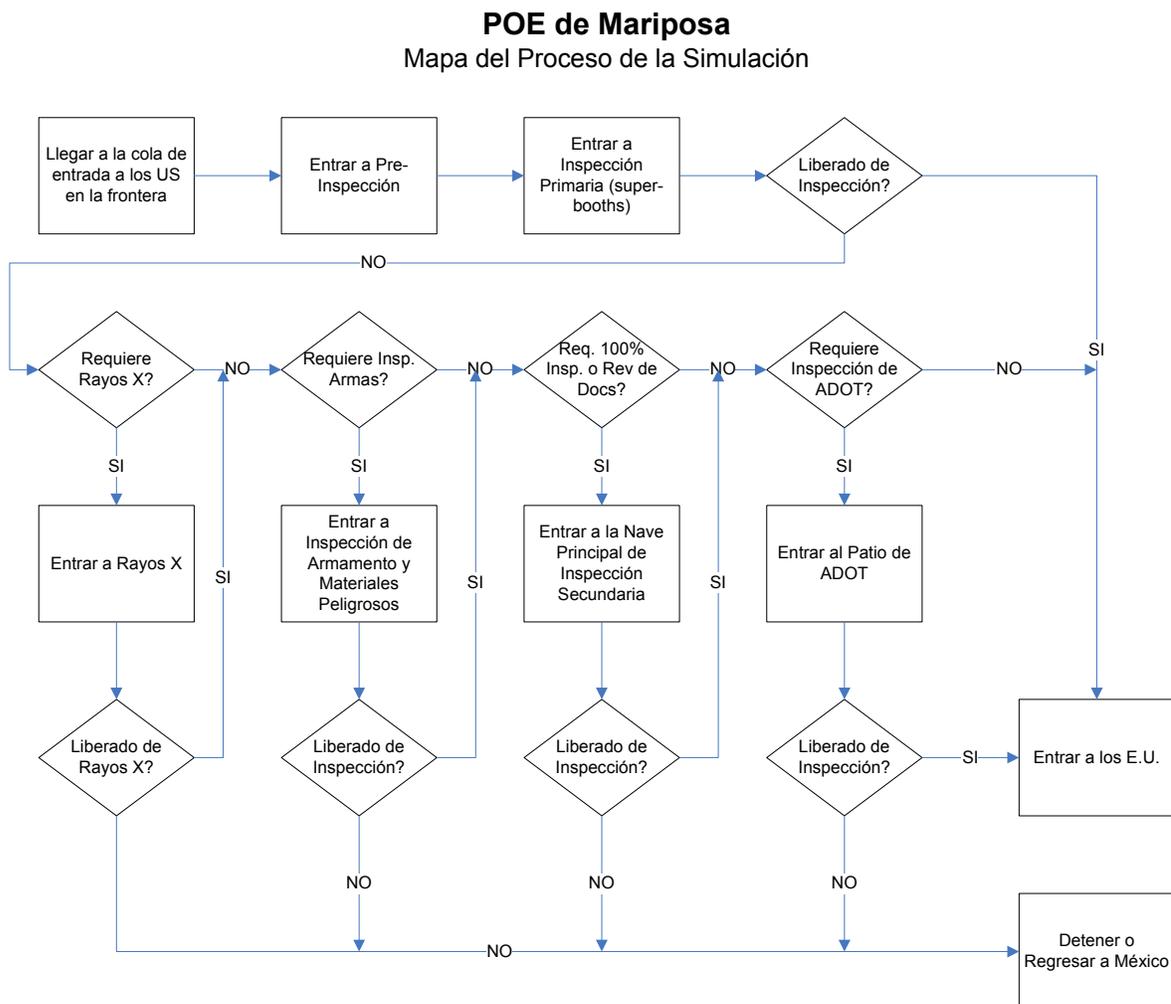


Figura 6.2 – Mapa del Proceso de la simulación del POE de Mariposa

Mientras los tráileres se mueven entre los diferentes pasos individualmente requeridos del proceso de inspección, varias instituciones trabajan en conjunción. Una lista parcial incluye:

1. Customs and Border Protection (CBP)
2. United States Department of Agriculture (USDA)
3. Food and Drug Administration (FDA)
4. Arizona Department of Transportation (ADOT)
5. Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA)

El movimiento físico de los tráileres es sencillo y puede ser observado en la animación de la simulación (la Figura 6.3 muestra una imagen de la interfase de la simulación y las diferentes estaciones). Actualmente: [1] los tractocamiones cruzan la frontera en dos líneas, [2] entran una de las dos estaciones de pre-inspección disponibles, [3] continúan a una de las cuatro estaciones de inspección primaria (super-booths), y después proceden a Nogales, Arizona (AZ) o entran al área de inspección siempre manejando en un movimiento en contra de las manecillas del reloj (CCW por sus siglas en inglés) alrededor de la nave principal [4, 5, 6 & 7]. Estas reglas son ajustadas continuamente mientras el personal de Mariposa se esfuerza para ser más eficientes y reaccionar a cambios en la demanda.



Figura 6.3 – Interfase del Modelo de simulación

Para determinar el impacto en Mariposa de una terminal de contenedores activa en el Puerto de Guaymas, diferentes escenarios fueron analizados mediante los modelos de simulación. Después de definir los escenarios a ser analizados y obtener los resultados de la simulación del Puerto de Guaymas, la información de dicho modelo fue utilizada para evaluar la capacidad de Mariposa, y el impacto de la demanda extra producida por contenedores saliendo de Guaymas por carretera. La información utilizada para cada escenario se muestra en la Tabla 6.1. La primera columna muestra el número de escenario (acorde con los escenarios analizados en la simulación del Puerto de Guaymas y mostrados en la Tabla 5.4). La segunda columna muestra la cantidad de TEU por semana que se espera entren por Guaymas. En la tercera columna vemos el número total en contenedores que serán recibidos semanalmente en Guaymas. En la cuarta y quinta columnas el porcentaje supuesto de contenedores que se mueven por tren y carretera se presenta. La sexta columna contiene la demanda supuesta para la temporada alta que se utilizó para analizar los diferentes escenarios; este número se baso en información histórica y la demanda actual en el puerto de entrada. La demanda extra esperada diariamente desde Guaymas se muestra en la

séptima columna, la frecuencia entre llegadas en la octava, y el número total de contenedores a cruzar Mariposa en un día esta contenido en la última columna.

Tabla 6.1 – Escenarios Analizados para la operación del POE de Mariposa

Casos	TEU	Conte- nedores	Trailer %	Tren %	Demanda Actual	Cant. Puerto	Extra Demanda	Frec. (min)	Demanda
						Guaymas			Total
Actual	--	--	--	--	1300	0	0	0	1300
1	400	230	0	100	--	--	--	--	-
2	400	230	100	0	1300	230	154	3.9	1454
3	400	230	50	50	1300	108	76	7.93	1376
4	400	230	30	70	1300	72	42	14.5	1342
5	400	230	70	30	1300	50	50	5.5	1350
6	1200	690	0	100	--	--	--	--	-
7	1200	690	100	0	1300	233	154	3.9	1454
8	1200	690	50	50	1300	128	73	8.3	1373
9	1200	690	30	70	1300	74	38	16.07	1338
10	1200	690	70	30	1300	164	110	5.49	1410
11	400	230	0	100	--	--	--	--	-
12	400	230	100	0	1300	239	239	1.99	1539
13	400	230	50	50	1300	113	113	3.55	1413
14	400	230	70	30	1300	157	157	2.8	1457
15	400	230	30	70	1300	76	76	6.47	1376
16	1200	690	0	100	--	--	--	--	-
17	1200	690	100	0	1300	233	233	1.97	1533
18	1200	690	50	50	1300	112	112	3.57	1412
19	1200	690	70	30	1300	169	169	2.8	1469
20	1200	690	30	70	1300	68	68	5.85	1368
21	2000	1150	50	50	1300	105	77	7.83	1377
22	2000	1150	50	50	1300	112	112	3.82	1412
Max	--	--	--	--	2000	0	0	0	2000

Los resultados de correr la simulación del POE bajo los escenarios anteriormente descritos se muestra en la Tabla 6.2. Las primeras cuatro columnas muestra las condiciones de cada escenario. La sexta columna contiene el tiempo en el sistema promedio esperado para cada trailer que llega al POE en Mariposa. En la séptima columna muestra la cantidad total de minutos necesarios para que el POE procese toda la demanda en cualquier día. Las horas extras requeridas (sobre las horas regulares de trabajo actuales) para procesar toda la demanda está contenida en la columna ocho. La novena columna es la observación más alta de tráileres en la fila para llegar a Mariposa. La décima y onceava columna muestran el cuello de botella del sistema y la utilización obtenida de la simulación. Finalmente, la columna doce contiene la utilización nominal (demanda total dividida por la capacidad total) del POE, basado en la capacidad de 1,500 tráileres/día que fue dado por el personal de Mariposa.

Tabla 6.2 – Resultados de los Escenarios Analizados para la operación del Puerto

Casos	TEU	TEU Por Año	tráileres (%)	Demanda Total (trailer)	Tiempo En el Sistema /Trailer	Tiempo de operación (minutos)	Horas Extra	Cola máxima (trailer)	Cuello De Botella	Util. Simul.	Util. POE
Actual	-	-	-	1300	45.22	764.22	1.74	163	PSA	75.69%	86.67%
1	400	20,800	0 %	-	-	-	-	-	-	-	-
2	400	20,800	100 %	1454	75.34	830.82	2.85	278	PSA	75.64%	96.93%
3	400	20,800	50 %	1376	57.97	830.45	2.84	265	PSA	73.27%	91.73%
4	400	20,800	30 %	1342	50.01	820.36	2.67	217	PSA	72.49%	89.47%
5	400	20,800	70 %	1350	61.1	808.24	2.47	202	PSA	74.69%	90.00%
6	1200	62,400	0 %	-	-	-	-	-	-	-	-
7	1200	62,400	100 %	1454	75.34	830.82	2.85	278	PSA	75.64%	96.93%
8	1200	62,400	50 %	1373	63.54	838.7	2.98	238	PSA	72.93%	91.53%
9	1200	62,400	30 %	1338	57.46	840.94	3.02	202	PSA	70.70%	89.20%
10	1200	62,400	70 %	1410	68.64	851.05	3.18	259	PSA	73.83%	94.00%
11	400	20,800	0 %	-	-	-	-	-	-	-	-
12	400	20,800	100 %	1539	101.41	897.18	3.95	401	PSA	76.65%	102.60%
13	400	20,800	50 %	1413	76.94	856.84	3.28	294	PSA	73.49%	94.20%
14	400	20,800	70 %	1457	80.91	835.51	2.93	280	PSA	78.05%	97.13%
15	400	20,800	30 %	1376	58.21	844.87	3.08	191	PSA	72.61%	91.73%
16	1200	62,400	0 %	-	-	-	-	-	-	-	-
17	1200	62,400	100 %	1533	96.14	881.52	3.69	355	PSA	76.98%	102.20%
18	1200	62,400	50 %	1412	72.13	854.13	3.24	271	PSA	73.75%	94.13%
19	1200	62,400	70 %	1469	84.8	874.52	3.58	309	PSA	74.65%	97.93%
20	1200	62,400	30 %	1368	62.83	831.53	2.86	200	PSA	73.88%	91.20%
21	2000	104,000	50 %	1377	58.44	841.42	3.02	203	PSA	73.06%	91.80%
22	2000	104,000	50 %	1412	75.06	839.8	3.00	246	PSA	76.26%	94.13%
Max	-	-	-	2000	197.91	1,139.78	8.00	835	PSA	78.41%	133.33%

Algunos de los resultados derivados de la simulación son los siguientes:

1. El tiempo promedio esperado para que cada trailer cruce el POE incrementara de un actual de 45.67 ± 6.03 minutos a 101.86 ± 9.63 minutos en el peor de los casos –cuando 239 contenedores (en promedio) salen del puerto de Guaymas diariamente a una frecuencia suficientemente pequeña para llegar a la frontera el mismo día (Ver Apéndice H para mayor detalle).

2. El impacto de tener grúas de muelle operando en el puerto de Guaymas –y el aumento en la frecuencia y cantidad de contenedores que salen rumbo a Mariposa; tendrá un impacto en el tiempo de espera promedio desde 63.10 minutos por trailer (sin grúas de muelle) hasta 79.71 minutos en promedio (ver Figura 6.4).

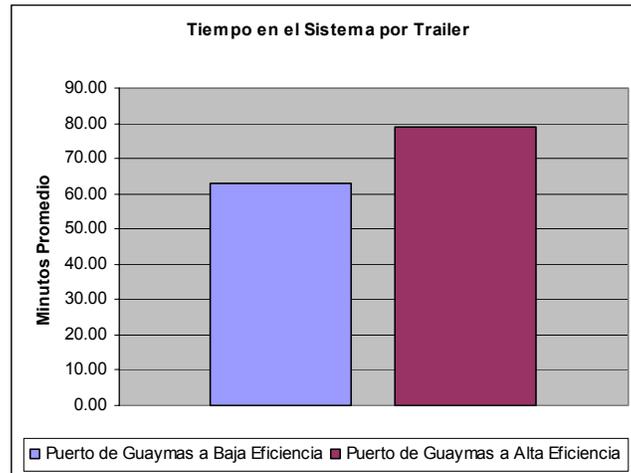


Figura 6.4 – Tiempo en el Sistema por Trailer

3. En único caso con diferencias marginales en los tiempos de inspección fue el escenario Mas en el cual dicha espera aumento a 198.36 ± 9.50 (ver Figura 6.5). Esto concuerda con lo establecido por el personal de Mariposa, ya que demandas sobre 1,500 tráileres/día son consideradas sobre capacidad e impactarían los tiempos de espera.

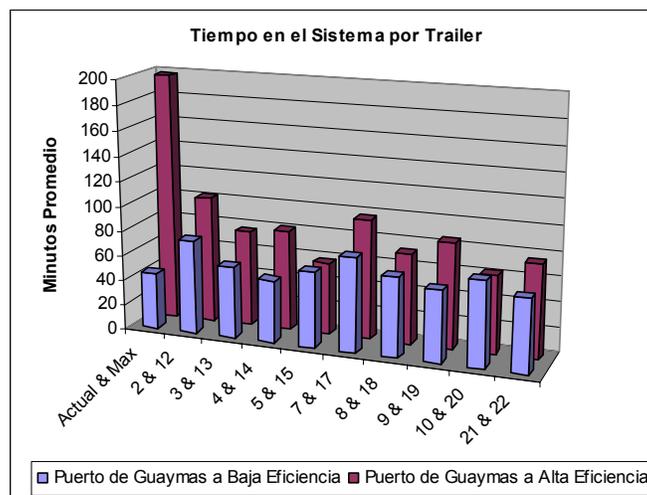


Figura 6.5 – Tiempo en el Sistema por Trailer por Escenario

- Para procesar demanda adicional se requeriría hasta 2.2 horas de operación adicionales en el POE (ver Figura 6.6). Basados en la información actual de Mariposa, sabemos que para procesar una demanda diaria de 1,300 tráileres se requieren 1.5 horas de operación adicionales al horario regular para terminar alrededor de las 8:30 PM. Podemos estimar que bajo las condiciones actuales de operación, i.e. mismas instalaciones y personal; pudiera ser requerido para el POE trabajar hasta casi 4 horas extras (11pm) para procesar la demanda en el pero de los escenarios –cuando 239 contenedores (en promedio) salen del puerto de Guaymas diariamente a una frecuencia suficientemente pequeña para llegar a la frontera el mismo día.

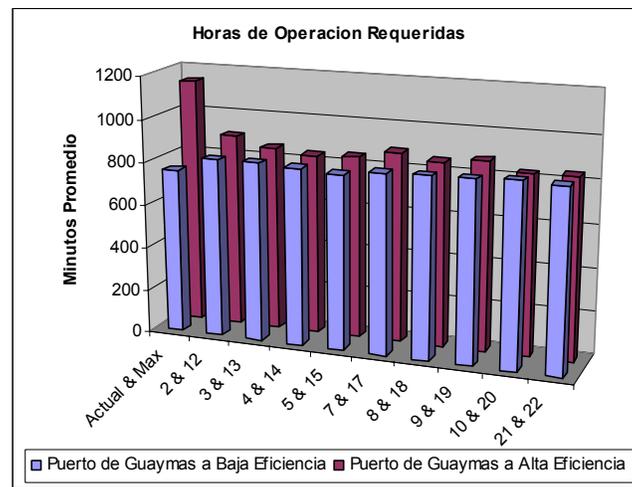


Figura 6.6 – Horas de operación Requeridas

- El cuello de botella del sistema es la estación de pre-inspección y esta sería la primera en requerir aumento en capacidad para ser más eficientes.

Para verificar y validar el modelo utilizamos algunas técnicas comunes para simulación. Información sobre el proceso de inspección fue utilizada para construir un flujo lógico. Una primera visita al POE sirvió para recolectar información actualizada en el desempeño del sistema. Después de crear un modelo preliminar, una junta con personal de CBP y ADOT ayudo a validar que el flujo de tráileres en el sistema fuera el correcto. Con el propósito de tener resultados precisos en los tiempos de proceso, nuestro equipo tuvo una sesión de validación con el personal de CBP. La retroalimentación recibida está incluida en los resultados de este reporte.

Es importante mencionar que este análisis de capacidad está basado en la infraestructura existente al momento de hacer el análisis. Por esta razón no se consideraron programas que CBP está trabajando en implementar (ver carta de Donna de la Torre en Apéndice J) como es el *Fastlane*

(línea rápida) y el E-Manifest (manifiesto electrónico). Estos programas deben tener un impacto positivo en la capacidad instalada del POE de Mariposa. Información específica sobre dicho impacto es algo que debería analizarse en el futuro.

6.1 Resumen del análisis

Acorde con el análisis realizado de la operación del POE de Mariposa, la utilización actual ya es elevada (mas del 85%) durante la temporada alta en el año. Esto significa que cualquier tráfico adicional en el puerto puede tener un impacto significativo en sus operaciones si no se planea apropiadamente. En nuestro análisis hicimos el supuesto de que las horas de operación del puerto serian flexibles para acomodar demanda adicional. Si este es el caso, el impacto de la operación de una terminal de contenedores en el Puerto de Guaymas va de inapreciable –para el escenario de mayor probabilidad; a considerable cuando: 1) 100% de los contenedores del Puerto de Guaymas sean enviados por carretera, 2) la demanda en Mariposa sea la supuesta en temporada alta, y 3) el Puerto de Guaymas este operando con dos grúas de muelle. Debemos recalcar que el número máximo de tráileres que se pueden procesar diariamente en el POE de Mariposa bajo las condiciones actuales de operación son aproximadamente 1,500 tráileres. Considerando una demanda base de hasta 1,300 tráileres diarios: solamente so podrían procesar 200 tráileres extras al día aproximadamente –o solamente 104,000 TEU (ver Tabla 9.3) extra al año; sin afectar significativamente los tiempos de espera que fueron observados actualmente. Es valido mencionar que todo este análisis es asumiendo una demanda actual de la temporada alta (que corresponde a los meses de invierno) debido a la temporada de cosecha en México.

7 Análisis de la Infraestructura Carretera del Corredor

El análisis de la infraestructura carretera esta dividida en las siguientes actividades:

1. Identificación de las principales carreteras del corredor.
2. Identificación de los nodos y segmentos la red carretera.
3. Desarrollo de modelos apropiados para el análisis de la red carretera.
4. Evaluación del estado actual de la red carretera y los efectos del incremento de tráfico causado por el inicio del servicio de contenedores en el Puerto de Guaymas.
5. Estimación de la capacidad y la utilización en cada uno de los componentes de la red.
6. Identificación de los segmentos que son cuellos de botella.

Para el estudio de carreteras, nos enfocamos en las vías principales. En el lado Mexicano la Carretera Federal 15, la cual sirve como principal medio de comunicación entre el Puerto de Guaymas y Nogales (Sonora), también es la principal conexión entre Sonora y Arizona (Wilbur Smith Associates, 2001). En el lado Americano nos enfocamos en la Autopista I-19, la cual conecta la Ciudad de Nogales (AZ) con la Ciudad de Tucson. En la Figura 7.1 presentamos un mapa de estas carreteras (verde), el cual esta basado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) que contiene la información visual de las principales carreteras estudiadas. Para



Figura 7.1 –Mapa del Corredor Estudiado

una descripción mas detallada de las carreteras incluidas en el estudio el lector debe consultar el Apéndice E de este reporte.

Como parte del análisis dividimos la infraestructura carretera en nodos y segmentos. Definimos los segmentos como aquellas secciones de la carretera que tienen características similares en

términos de infraestructura, como pueden ser carriles, capacidad de carga, acotamientos, y otros. Los nodos se definieron como puntos en donde se realiza la transferencia entre modos de transporte o donde las condiciones de la carretera cambian, como pueden ser los lugares poblados, casetas de peaje o puntos de entrada (Ver Apéndice E). La idea detrás de esta metodología es determinar la capacidad y utilización de cada uno de los segmentos y nodos, para identificar los cuellos de botella de la red. Las ciudades de Tucson, Hermosillo, Puerto de Entrada de Mariposa en Nogales, y el Puerto de Guaymas fueron identificados como los principales nodos en la red carretera (ver Apéndice E).

Dada su complejidad, se necesitó desarrollar modelos de simulación Montecarlo para el análisis del Puerto de Guaymas y para el Puerto de Entrada Mariposa. Los resultados de estos estudios fueron presentados en las Secciones 5 y 6 de este reporte. El análisis de la capacidad del resto de los nodos y segmentos la red carretera se presenta a continuación.

La capacidad de los otros nodos y de los segmentos en el sistema fueron calculados analíticamente basándonos en estimados de las condiciones actuales de estos nodos. Para realizar estos cálculos seguimos las recomendaciones y datos proveídos por la agencia “Highway Performance Monitoring System” (HPMS), el manual “Highway Capacity Manual” (HCM), y el manual “Multimodal Corridor and Capacity análisis” (MCCAM). Con esta metodología podemos estimar el volumen y la capacidad. Por convención los volúmenes y la capacidad se expresan en automóviles por hora (PCPH) y la utilización de la capacidad (Volumen/Capacidad), la cual también se denomina “Level of Service” LOS. Los datos usados para el flujo (volumen) de los vehículos, fue registrado por estaciones permanentes localizadas en diferentes segmentos de las carreteras. Los datos se obtuvieron de los reportes oficiales de ADOT y SCT (ADOT 2005b, 2005c y SCT 2005). Una descripción detallada de la metodología utilizada para calcular las capacidades se presenta en el Apéndice F.

La capacidad de los segmentos carreteros fueron estimados basados en la metodología HPMS, la cual es un procedimiento estándar (ADOT, 2005a) para estimar la capacidad de las carreteras para el Estado de Arizona. Los resultados de capacidad para los segmentos carreteros en el Estado de Arizona se presentan en la Figura 7.2. Donde el nivel de servicio (LOS) es una medida de la utilización actual de la capacidad de las carreteras (volumen/capacidad). De esta manera, aquellos segmentos que están a su capacidad o cerca de esta tienen un LOS entre 0.90 y 1.0 (utilización 90%- 100%). Este es el caso de la Interestatal I-19 en el punto que conecta con la interestatal I-10 en la Ciudad de Tucson. Este LOS indica que en ciertos periodos del día en dicho segmento se

presentan congestionamientos de importancia, que pueden crear retrasos y colas para los vehículos viajando por este segmento de la carretera. Fuera de la Ciudad de Tucson, el resto de las carreteras en Arizona parece tener suficiente capacidad para el volumen de vehículos que manejan actualmente.

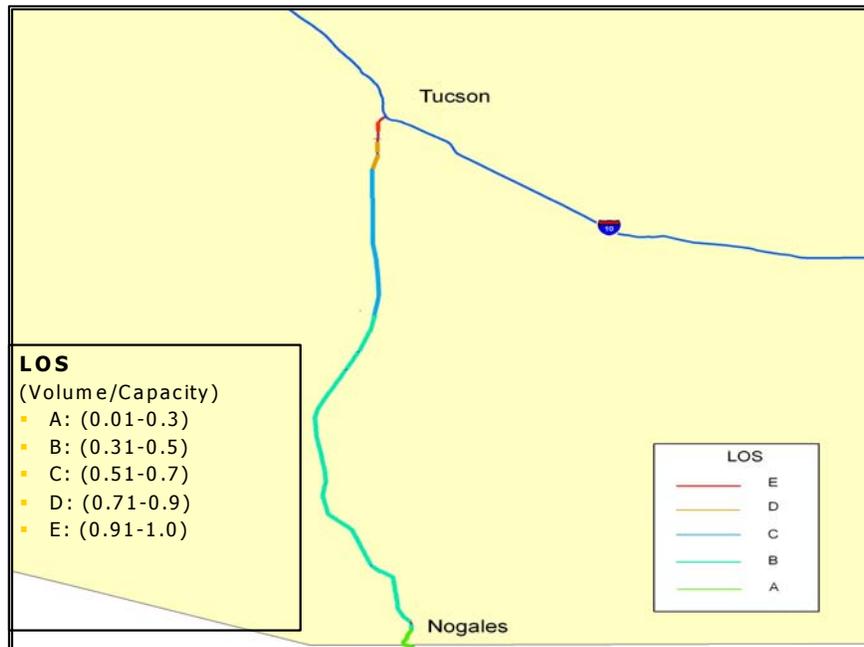


Figura 7.2 – Capacidad de las Carreteras en Arizona

Los resultados para las carreteras Mexicanas se presentan en la Figura 7.3, las cuales muestran que no existen puntos de congestión importantes en las carreteras Mexicanas que conectan las ciudades de Guaymas y Nogales, Sonora. El segmento de la carretera con el LOS mas alto (0.28) esta localizado en el ramal que conecta el Puerto de Guaymas con el Poblado de Empalme, en donde la carretera se reduce a un camino rural de dos carriles. Hay una alternativa, con una ruta más directa, que conecta el Puerto de Guaymas con la Carretera 15, pero que atraviesa la Ciudad de Guaymas. Sin embargo, esta ruta no se considero dado que no seria apropiada para un movimiento de contenedores de alto volumen proveniente del Puerto de Guaymas

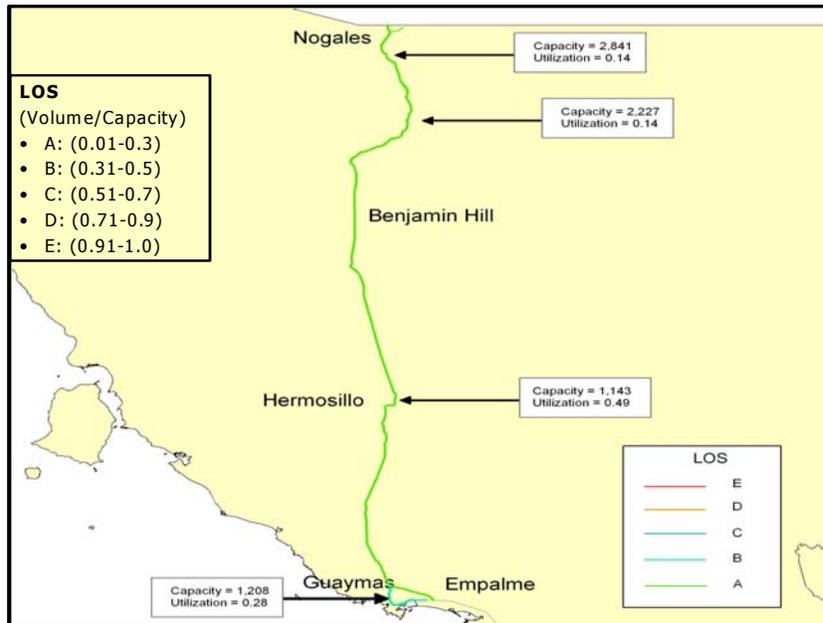


Figura 7.3 – Capacidad de las Carreteras en Sonora

En el caso de las carreteras Mexicanas, encontramos que no existía una información similar a la existente en Arizona por parte de HPMS, así que tuvimos que calcular la capacidad usando la información proveída por el Instituto Mexicano de Transporte (Bello et al., 2001) para los caminos de México. Seguimos la misma metodología usada en Arizona, tratando de usar consistentemente la información de HCM (2000). Para obtener la información necesaria para nuestro análisis, relacionada con las características físicas de las carreteras, tuvimos que inspeccionar físicamente las carreteras (ver la Figura 7.4). Para una descripción detallada de la metodología usada, favor de consultar el Apéndice F.



Figura 7.4 – Inspección de las Carreteras Mexicanas

Con respecto a los nodos, hay algunos que pudieran convertirse en puntos de congestión, tal es el caso de la Ciudad de Hermosillo, la cual es atravesada por la ruta de la Carretera Federal 15. Este segmento esta restringido por semáforos y topes, incrementando la utilización y congestión de este segmento de la vía, el cual presenta un LOS estimado de alrededor 0.50 (ver Tabla 7.1). Para obtener este resultado, dado que no existen registros de tráfico para la ruta dentro de la ciudad, usamos el flujo máximo de vehículos registrados en los puntos de registro situados en la entrada de la Ciudad de Hermosillo. Usando este flujo, y el segmento más restrictivo en esta ruta urbana (2 carriles con topes), obtuvimos un estimado de la capacidad y la utilización del segmento mencionado, el cual es el más restrictivo en todas las carreteras Mexicanas del Corredor (en el lado Mexicano). Dado que solo existen dos segmentos más restrictivos en toda la red analizada: Al norte del Puerto de Entrada Mariposa y el entronque entre I-10 e I-19 en la Ciudad de Tucson, ambos en los EU.

Tabla 7.1 – Estimación de la Capacidad de Diferentes Nodos (PCPH)

Nodo	Carriles	Volumen/Hora	Capacidad/Hora	LOS
Guaymas	2	268.15	1180.33	0.23
Caseta1	3	140.00	1050.00	0.13
Hermosillo	2	556.05	1142.86	0.49
Caseta 2	3	356.27	1050.00	0.34
Benjamín Hill	2	226.17	702.00	0.32
Santa Ana	2	173.71	1152.00	0.15
Caseta 3	3	224.00	1050.00	0.21
Imuris	2	224.16	1152.00	0.19
Caseta 4	3	294.00	1050.00	0.28
Nogales, AZ	2	872.00	1672.00	0.52
Tucson	2	4314.00	4271.00	1.01

Otro nodo de la red carretera que puede potencialmente formar cuellos de botella en la red se encuentra en Benjamín Hill, Sonora. En este poblado se encuentra un punto de inspección militar (Precos), en donde todos los autobuses y camiones deben de ser inspeccionados. Debido a que no tuvimos acceso a datos sobre tiempos de espera o a una recolección física de los datos, tuvimos que limitarnos a información anecdótica por parte de transportistas que usan el corredor, entre ellos Transportes Pitic, que es una compañía transportista con sede en Sonora (Cons, 2005). De acuerdo con esta entrevista estimamos una espera promedio en el punto de inspección de una hora. Aunque también hemos recibido información anecdótica por parte de la SCT (Armenta, 2005) que indica que esta espera puede llegar hasta 3.5 horas en la temporada alta. La Tabla 7.1 provee un resumen de los resultados de capacidad y utilización para los nodos en las carreteras del Corredor. Para una información detallada acerca de la forma en que estos datos fueron obtenidos, el lector debe consultar el Apéndice F.

7.1 Resumen de la Capacidad de Carreteras

Con la información recolectada en diferentes estaciones de tráfico localizadas en México y los EU, logramos calcular los flujos críticos por hora en diferentes segmentos de las carreteras. Con estos datos y con información recolectada acerca de la infraestructura física de las carreteras, fuimos capaces de estimar la capacidad y utilización actual de las carreteras del corredor. Los resultados obtenidos fueron presentados en las Figuras 7.2, 7.3 y resumidos en la Tabla 7.1.

Estos resultados muestran que actualmente las carreteras de que conectan las ciudades de Tucson y Guaymas tienen la suficiente capacidad para manejar el nivel de demanda actual y el crecimiento esperado por la Terminal de contenedores. Dado que la puesta en operación de la terminal de contenedores en Guaymas solamente incrementaría la utilización de las carreteras en una fracción de al menos 1-2 por ciento (ex. LOS de 0.20 a 0.22) de la utilización actual, como será explicado en la Sección 9, por lo que esperamos que la operación de la terminal de contenedores en el Puerto de Guaymas no impactara la utilización de las carreteras de manera significativa. El impacto del Puerto de Guaymas sobre el Puerto de Entrada Mariposa, ya fue analizado en la Sección 6.

Existen dos zonas que todavía nos preocupan, La Ciudad de Tucson y los puntos de inspección de Benjamín Hill. El entronque que conecta las carreteras I-19 a la I-10 presenta altos niveles de utilización. Si embargo, creemos que este comportamiento corresponde a las horas pico de la Ciudad de Tucson, y que las utilidades de esta vía por el resto del día son significativamente menores. Con respecto a Benjamín Hill, nuestra preocupación está basada en la falta de datos e información para soportar nuestras estimaciones de capacidad. Creemos que este punto de inspección debería de ser estudiado con mayor detalle en el futuro, para proporcionar una mejor caracterización de la utilización de la capacidad actual.

8 Análisis de la Infraestructura Ferroviaria del Corredor

El análisis de la infraestructura del corredor fue dividido en las siguientes actividades:

1. Recolección de información acerca del estado actual de la infraestructura ferroviaria con datos de ADOT, Union Pacific (UP), y Ferrocarriles Mexicanos (Ferromex).
2. Identificar los principales nodos (intercambio modal) en el sistema.
3. Desarrollar los modelos adecuados para el análisis de la red ferroviaria.
4. Determinar el estado actual de la red ferroviaria y los efectos causados por el incremento de tráfico causado por la operación de contenedores en el Puerto de Guaymas.
5. Estimación de la capacidad y utilización de cada uno de los componentes de la red ferroviaria.
6. Identificación de los cuellos de botella en la red.

El segundo medio de transporte investigado son las vías férreas que conectan el Puerto de Guaymas con Nogales, Sonora y de Nogales a Tucson, AZ. Estos segmentos de ferrocarril son propiedad de compañías privadas. El segmento entre Guaymas y Nogales, Sonora es propiedad de Ferromex y la línea de Nogales, AZ a Tucson es propiedad de UP. Union Pacific también es propietario de la línea principal entre Tucson y El Paso (Texas), y de Tucson a Yuma (Arizona). Aunque para efectos prácticos Ferromex y UP son dos compañías independientes, UP es accionista de Ferromex, lo cual indica que entre estas compañías hermanas pudiera existir el potencial para una mejor coordinación entre las dos compañías. En la Figura 7.1 se presenta la red ferroviaria, la cual sigue en paralelo las carreteras del Corredor, y una descripción mas detallada de la red ferroviaria se presenta en el Apéndice E.

En el caso del ferrocarril los principales nodos identificados son la terminal intermodal del Puerto de Guaymas, el Puerto de Tucson y el Puerto de Entrada DeConcini/Rio Rico (los cuales consideramos como un solo nodo para propósitos de nuestro análisis). Para calcular la capacidad de estas instalaciones (con excepción del puerto de Guaymas) usamos estimados a grosso modo basados en modelos sencillos para ferrocarriles. Otros nodos incluyen los patios de maniobras en donde los trenes son procesados; los cuales incluyen las estaciones en Tucson, Nogales y Empalme. Con respecto a los puntos de inspección, los ferrocarriles llevan a cabo las inspecciones en las estaciones del tren. Como en el caso inspecciones militares en México, que se realizan en la estación de Empalme. De acuerdo a lo comentado por personal de UP y Ferromex,

la inspección en la estación de Empalme dura de 2-3 horas por tren, y se realiza antes de que los trenes salgan de la estación. Esta operación es similar a la inspección realizada por las aduanas de EU en Rio Rico. En ambos casos los inspectores solicitan inspeccionar algunos de los vagones del tren, los cuales pueden ser abiertos y/o desenganchados para inspecciones adicionales.

Para estimar la capacidad de los diferentes componentes de la red ferroviaria usamos las recomendaciones proveídas en el estudio “Parametric Analysis of Railway Line Capacity” (Federal Railroad Administration, 1975), el cual provee una estimación de la capacidad de segmentos uniformes de la línea entre estaciones dos estaciones de tren. La información que utilizamos para calcular la capacidad fue la velocidad promedio de los trenes en cada segmento de las vías, la distancia promedio entre los descansos y el tipo de control usado para coordinar los trenes. Para segmentar las vías del tren usamos las estaciones de ferrocarril como guía, lo cual nos dio como resultado cuatro segmentos, uno entre Empalme y Hermosillo, otro entre Hermosillo y Benjamín Hill, uno más entre Benjamín Hill y Nogales y finalmente uno entre Nogales y Tucson.

La información recolectada para calcular la capacidad de la línea de Ferromex se obtuvo mediante entrevistas con el personal involucrado en las operaciones de Ferromex y con información publica disponible en ADOT y “Federal Railroad Administration” (FRA). En el Apéndice F incluimos algunos de los datos proporcionados por Ferromex los cuales fueron usados para calcular la capacidad. La figura 8.1 muestra la capacidad y la utilización del ferrocarril en parte Mexicana del Corredor. En esta figura la capacidad esta dada en trenes por día y la utilización es la fracción de la capacidad actualmente utilizada. En la Tabla 8.1 presentamos los resultados de la estimación de la capacidad para todo el Corredor. La primera columna de la tabla identifica los segmentos en los que dividimos el Corredor, la segunda columna presenta el promedio de velocidad permitida en cada segmento. La tercera, cuarta y quinta columnas muestra las características de los tramos con respecto a señalizaciones para control, longitud del segmento, y la distancia promedio entre encuentros para cada segmento respectivamente (favor de consultar Apéndice F). Los resultados se muestran en las siguientes columnas, en la sexta se presenta la capacidad estimada del ferrocarril (en trenes por día), la séptima columna muestra el trafico actual de trenes por las vías, y la ultima columna muestra la utilización de la capacidad actual dado el flujo observado.

Como se muestra en la Tabla 8.1, la capacidad de la línea con la infraestructura existente solo puede soportar un máximo de 14 trenes por día en ambas direcciones (7 hacia el Norte). La utilización de las vías fue calculada en base al programa de trenes proporcionado por Ferromex

para los diferentes segmentos. Por ejemplo, el segmento entre Benjamín Hill y Nogales, tiene una capacidad de 13 trenes por día, y recibe un promedio de 6 trenes por día, lo que lo lleva a tener una utilización de alrededor de 44% de su capacidad actual.

Tabla 8.1 – Capacidad Estimada para Diferentes Segmentos del Ferrocarril (Trenes por Día)

Segmento	Velocidad	Señal	Encuentro	Largo	Capacidad	Volumen	Utilización
Empalme-Hermosillo	43	1	45	87	14	6	42%
Hermosillo-B.H.	46	1	37	78	17	6	35%
B.H.-Nogales	38	1	44	90	14	6	44%
Nogales-Tucson	35	1	29	65	19	6	31%

Para la vía de UP entre Nogales y Tucson, usamos el mismo tipo de información que usamos para México, pero esta vez obtuvimos la información a través de ADOT y la FRA (FRA, 2005), la cual es información pública que incluye datos de cruceos y de la cantidad de trenes que pasan por las vías. Para calcular la capacidad del segmento entre Nogales y Tucson usamos la misma metodología que usamos para el caso de los trenes en México (Figura 8.2). Los resultados obtenidos para la utilización de la capacidad son de aproximadamente 31% con el flujo el flujo de trenes actual, suponiendo que el flujo sea de 6 trenes por día.

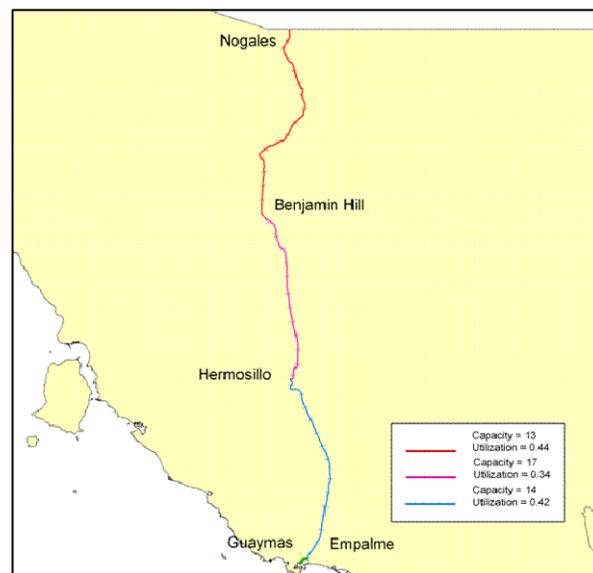


Figura 8.1 – Utilización de las vías de Ferromex

Con el propósito de validar nuestros resultados, presentamos el reporte del análisis de capacidad a Joaquín Rojo de la Vega, Vicepresidente de la región Noroeste de Ferromex y a Bob Naro,

Vicepresidente de Operaciones en México para UP, durante una junta de trabajo realizada en Tucson, AZ el 5 de Enero del 2006. Mientras que ambos estuvieron de acuerdo en los resultados generales presentados (Sr. Rojo de la Vega y Sr. Naro), ellos no nos proporcionaron algún documento que validara los resultados de nuestra investigación. Sin embargo hemos tenido acercamientos posteriores con Ferromex en los que hemos discutido los temas de capacidad, y tener una base de capacidad en los que ambas partes estemos de acuerdo.

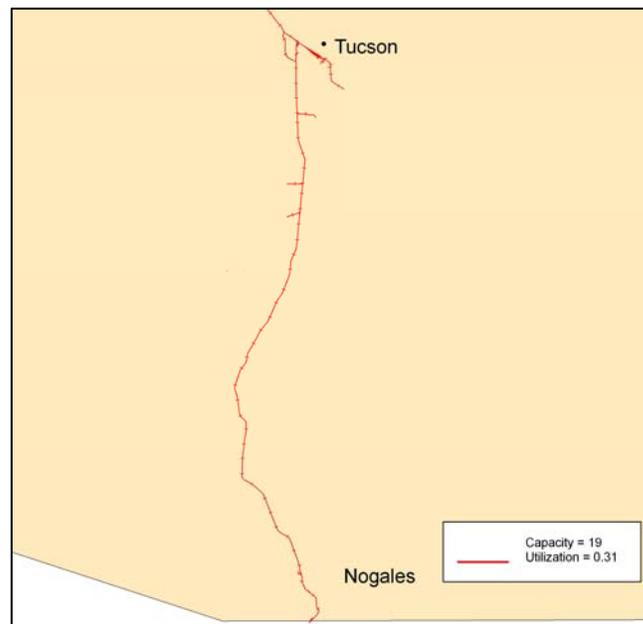


Figura 8.2 – Utilización de las vías de UP

El principal resultado que obtuvimos en nuestro análisis, es que en las vías del ferrocarril existe suficiente capacidad para aumentar el flujo de trenes por día. La única limitante podría ser la capacidad de las estaciones de los trenes en Empalme y Tucson, sin embargo los directivos de Ferromex nos aseguraron que existe suficiente capacidad en la estación de Empalme. Con respecto a la infraestructura de UP tenemos razones para creer que existen problemas de saturación en la estación de Tucson, este dato fue confirmado en nuestra entrevista con Bob Naro, aunque también nos comentó que UP está trabajando en mejorar su infraestructura en Tucson y que el flujo de trenes en esta estación no debería representar un problema para el Corredor.

Como resultado de esta información, podemos comentar que aun si la demanda actual (Tabla 8.1) crece con la ampliación de la planta de Ford en Hermosillo, Sonora; estimamos que los

requerimientos totales del Corredor una vez puesto en operación el Puerto de Guaymas serian de 2 trenes adicionales por día, uno en cada dirección, para poder manejar la demanda proveniente de la terminal de contenedores, de acuerdo a la información obtenida de los diferentes escenarios propuestos en la Sección 5.

Sin embargo la capacidad física esta limitada, ya que de acuerdo con UP la principal restricción para el trafico de los trenes entre Nogales y Tucson son las horas de operación del puerto de entrada en DeConcini y el sitio de inspección de los trenes en Rio Rico (Figura 8.3 y Figura 8.4). De acuerdo con UP estas inspecciones requieren de 2-3 horas por tren (lo que es consistente con la información proporcionada por CBP). El tiempo de inspección en Rio Rico, aunado a las horas de operación en DeConcini (aproximadamente 10 horas) limitaría la cantidad de trenes que cruzan la frontera en 3-4 trenes por día en dirección hacia EU, y la misma cantidad de trenes cruzando la frontera hacia el Sur. Con lo cual la máxima capacidad de trenes por día en el cruce de la frontera seria de 8 trenes, lo cual es significativamente menor a la capacidad física que estimamos anteriormente. Nuestra estimación de la capacidad es consistente con la información proporcionada por el personal de campo de CBP y posteriormente corroborado por el personal de DHS (ver carta en Apéndice J). Sin embargo, el personal de DHS disputa el supuesto de que las inspecciones de CBP son las causantes de la reducción a la capacidad en el ferrocarril. En la carta de Dana de la Torre, Director Field Operations, Bureau of Customs and Border Protection; recibida el 25 de Abril de este año (ver una copia de la carta en Apéndice J), ella indica que los principales factores influyendo en los retrasos de los trenes en la frontera son los procedimientos de pruebas a los frenos de los trenes, la falta de puntualidad de los trenes viajando hacia el Norte y los cambios de personal que se deben de hacer en la frontera. Como no tuvimos acceso a las instalaciones en donde se realizan estos procedimientos, no hemos podido determinar cuales son los factores que influyen las demoras en la frontera. Sin embargo proponemos que se investigue de manera más detallada los procedimientos y la infraestructura en la frontera para mejorar el funcionamiento y la capacidad del ferrocarril. Recomendamos que este tema sea abordado a futuro como continuación del presente estudio.

Un problema adicional mencionado por UP en nuestra entrevista, fue la falta de equipo en Rio Rico para satisfacer los requerimientos de inspección de las autoridades aduanales en trenes con doble estiba. Por ejemplo, si el personal de CBP necesitara inspeccionar el contenido de un contenedor localizado en el fondo de una plataforma con contenedores en doble estiba, el contenedor en la parte superior tendría que ser levantado para permitir el acceso al contenedor en la parte inferior. Esto retrasaría considerablemente la inspección del tren, o inclusive hacerla

imposible porque actualmente no existen las grúas y equipo necesario para realizar este tipo de maniobras. Una posible solución para hacer las operaciones de inspección mas eficientes seria el desenganchar la plataforma en Rio Rico y permitir que el resto de la carga continúe con el tren hacia Tucson. Pero esto no es factible dada la limitada infraestructura en Rio Rico, la cual no permite que los vagones sean cambiados (para una descripción detallada del procedimiento seguido en DeConcini y Rio Rico favor de leer el Apéndice D). Una mejor alternativa, que recomendamos sea explorada en el futuro, es el realizar las operaciones de inspección en Tucson. Esta ultima tarea se dejara pendiente para un análisis mas detallado que deberá hacerse en el futuro.

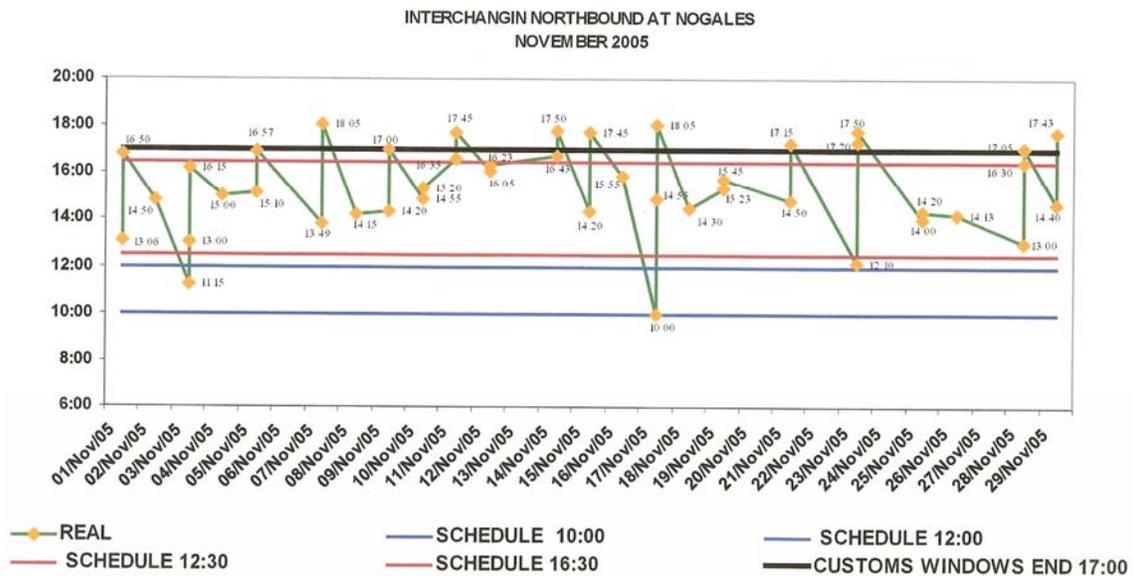


Figura 8.3 – Cruce de Trenes en la Dirección Norte (Proveída por Ferronmex, 2005)

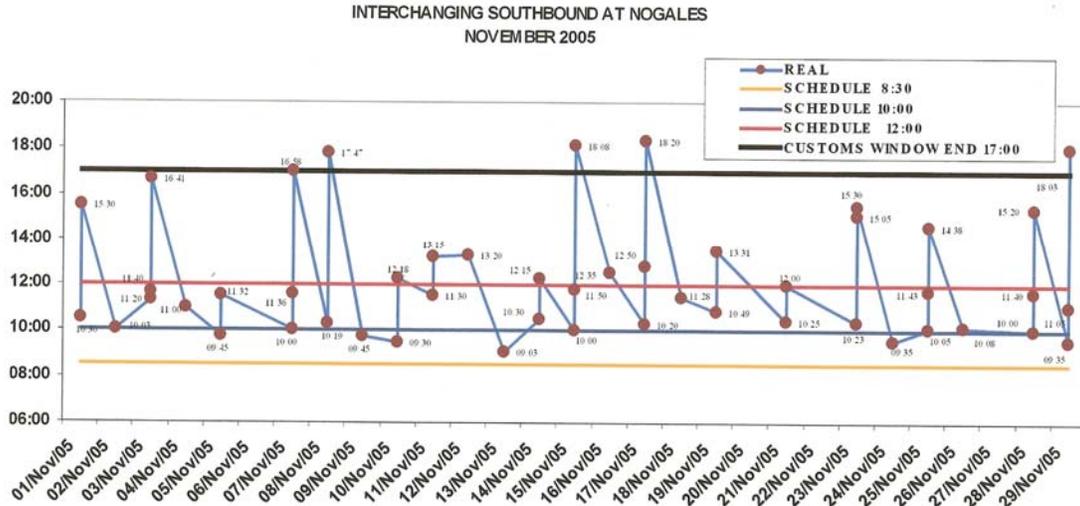


Figura 8.4 – Cruces de Trenes en la Dirección Sur (Proveída por Ferromex, 2005)

También investigamos la infraestructura instalada para soportar el peso de los trenes y la altura de puentes y pasos a desnivel. También comparamos los resultados con los requerimientos necesarios para soportar el paso de trenes a doble estiba para el recorrido desde el Puerto de Guaymas hasta la Ciudad de Tucson. Basados en datos históricos de la carga transportada entre la planta Ford en Hermosillo y Tucson, sabemos que existe la suficiente altura para mover trenes de doble estiba en el segmento Hermosillo-Tucson, así que solo documentamos la infraestructura desde Hermosillo hasta el Puerto de Guaymas para completar toda la ruta del Corredor. Inspeccionamos físicamente el ferrocarril con la ayuda de Ferromex, partiendo desde Hermosillo y recorriendo toda la vía hasta llegar a Guaymas. Documentamos todos los puentes y pasos a desnivel de este trayecto, los cuales presentamos en la Tabla 8.2 y la Figura 8.5. Después de obtener las especificaciones de los cruces a desnivel par el segmento Guaymas-Nogales e inspeccionar físicamente las vías, no pudimos encontrar ningún impedimento que restringiera la operación de trenes con contenedores en doble estiba para el segmento de Guaymas a Tucson.



Figura 8.5 – Paso a Desnivel en el Segmento Guaymas-Hermosillo

Una anotación final es el efecto del incremento de los trenes en las ciudades de Nogales, Arizona y Nogales, Sonora. Aunque no hicimos un análisis en particular para esta problemática, sino mas bien supusimos que cualquier tren tendría que respetar las normas “Uniform Vehicle Code” (Federal Railroad Administration, 2006) que mencionan que un tren no debe bloquear una intersección urbana por mas de 5 minutos de manera continua. Siendo este el caso, creemos que el impacto marginal en Nogales, Arizona seria mínimo. Sin embargo un análisis más detallado de la problemática podría llevarse a cabo para determinar el impacto específico a Nogales, Arizona. La misma conclusión se puede tomar para el caso de Nogales, Sonora con un comentario adicional: Nogales, Sonora también es afectada por la demora del tren y los cruces en la ciudad. Cabe mencionar que suponemos que la espera del tren en el cruce fronterizo es eficiente y rápida. Pero un análisis mas detallado del cruce del ferrocarril se podría llevar a cabo para verificar esta suposición.

Tabla 8.2 – Especificaciones de pasos a desnivel

 Ferrocarril Mexicano		SUBDIRECCIÓN DE OPERACIÓN DIVISIÓN HERMOSILLO			
GALIBOS EN EL TRAMO DE NOGALES A EMPALME, SONORA.					
NOMBRE	UBICACIÓN	ANCHO	ALTURA DEL HONGO DE RIEL	LINEA	OBSERVACIONES
PUERTA DE INSPECCIÓN ADUANAL	Km. T-4+190	4.36		T	ESTRUCTURA METALICA INSP. UNID.
PASO INFERIOR ENCINAS	km. T-9+650	8.10	6.85	T	CRUCE CARRETERO
PASO INFERIOR ENCINAS	Km. T-9+700	8.10	6.85	T	CRUCE CARRETERO
PASO INFERIOR	Km. T-150+033	32.00	8.40	T	CRUCE PEATONAL
PASO INFERIOR PTO. GONZALITOS	Km. T-153+910	8.10	6.85	T	CRUCE CARRETERO
PASO INFERIOR PTO. GONZALITOS	Km. T-153+960	8.10	7.20	T	CRUCE CARRETERO
PUENTE RIO SONORA	Km. T-279+720	4.58	7.16	T	ESTRUCTURA METALICA PASO INFERIOR
PASO INFERIOR	Km. T-409+937	15.60	7.54	T	CRUCE CARRETERO
PASO INFERIOR	Km. T-416+094	23.63	7.42	T	CRUCE PEATONAL
PASO INFERIOR	Km. T-422+300	18.00	8.60	T	CRUCE CARRETERO

8.1 Resumen del Análisis de la Infraestructura Ferroviaria

Con la información recolectada en entrevistas con Ferromex y UP, además de la información pública disponible en ADOT y FRA, pudimos calcular la capacidad de los segmentos ferroviarios a través del corredor y el nivel de utilización actual de las vías. Los resultados obtenidos se presentaron en las Figuras 8.1 y 8.2.

La capacidad actual del de la infraestructura física del ferrocarril parece adecuada para manejar la demanda generada en los diferentes escenarios del Puerto y el Corredor. Sin embargo, esta capacidad esta restringida por los procedimientos de inspección y las operaciones ferroviarias en la ciudad de Nogales, AZ.

9 Análisis Global del Corredor

El propósito de esta parte del análisis es unificar los resultados de los diversos análisis de los componentes del corredor, identificando los embotellamientos actuales y potenciales para el flujo de contenedores del puerto de Guaymas a Tucson. Al final de esta sección tratamos algunos tópicos operacionales y comerciales que emanaron en el curso del estudio o de las reuniones que tuvimos con los principales actores del proyecto o de la información que investigamos.

El análisis total del corredor fue dividido en las actividades siguientes:

1. Identificación de los puntos más críticos, o embotellamientos potenciales documentados en los estudios anteriores.
2. Determinación de los diversos escenarios para el análisis del corredor:
 - a. Situación actual (no movimiento de contenedores a través de Guaymas).
 - b. Carga mínima para iniciar operaciones en el puerto de Guaymas.
 - c. Carga mínima con un aumento moderado en el número de los contenedores que se muevan a través de Guaymas.
3. Determinación de las medidas de funcionamiento para el análisis del corredor.
4. Determinación de la capacidad y de la utilización de la capacidad del corredor para los diversos escenarios.
5. Identificación de los embotellamientos para los diversos escenarios.
6. Proponer algunas soluciones potenciales dirigidas a mejorar el funcionamiento total del corredor.
7. Análisis de los factores operacionales y comerciales complementarios al corredor.

Para los propósitos de este estudio, primero definimos la logística del corredor entre Guaymas y Tucson tanto en ferrocarril como en carretera con las conexiones multimodales en el puerto de Guaymas y en el puerto de Tucson. La primera actividad para este estudio fue identificar la infraestructura actual en las carreteras, los ferrocarriles y los terminales multimodales.

Como parte del análisis decidimos dividir la infraestructura de los ferrocarriles y las carreteras en nodos y segmentos. Nosotros definimos un segmento como un tramo de camino o ferrocarril que tiene características similares en términos de infraestructura, tales como los carriles, la capacidad

de carga, libramientos, entre otros. Los nodos fueron definidos como lugares en donde las transferencias entre los modos de transportes pueden ocurrir o donde las condiciones de desempeño son diferentes, por ejemplo en lugares poblados, en las cabinas de peaje o en los puertos de entrada (véase el apéndice E). Estos nodos se analizan sobre todo individualmente en este estudio.

Para la evaluación total del corredor con las medidas de funcionamiento seleccionadas, analizamos varios escenarios que son consistentes a través de las simulaciones de Mariposa POE y del puerto de Guaymas. Los escenarios que exploramos fueron:

- Condiciones actuales sin terminal de contenedores en Guaymas.
- La terminal de contenedores funcionando con el nivel requerido mínimo (400 TEU).
 - 100 % Camiones de carga desde el puerto
 - 100 % Ferrocarriles desde el puerto
 - 50% Camiones de carga y 50% Ferrocarriles
 - 70% Camiones de carga y 30% Ferrocarriles
 - 30% Camiones de carga y 70% Ferrocarriles
- La terminal de contenedores funcionando a medio nivel (1,200 TEU).
 - 100 % Camiones de carga
 - 100 % Ferrocarriles
 - 50% Camiones de carga y 50% Ferrocarriles
 - 70% Camiones de carga y 30% Ferrocarriles
 - 30% Camiones de carga y 70% Ferrocarriles
- La terminal de contenedores funcionando con 2000 TEU por semana.
 - 50% Camiones de carga y 50% Ferrocarriles

A continuación se presentan las estimaciones de la capacidad para estos escenarios.

9.1 Capacidad y Utilización Actual del Corredor

Como parte de las actividades de este estudio estimábamos que la capacidad y utilización actual de los nodos principales y segmentos para los ferrocarriles y las carreteras del corredor. La capacidad y la utilización actual de los ferrocarriles y las carreteras se documentan en la Tabla 9.1 y Tabla 9.2 respectivamente. Estas tablas muestran que a excepción de las carreteras I-19 e I-10 en la ciudad de Tucson, el resto de las carreteras del corredor parecen tener bastante capacidad para el tráfico adicional. Creemos por que la carencia de la capacidad exhibida el las carreteras I-19 y I-10 es una ocurrencia transitoria observada solamente en la hora máximas de tráfico en la

mañana y en la tarde. Así, que no considerábamos que esta intersección sea un embotellamiento para el corredor. Sin embargo, un análisis más detallado se debe emprender para determinar el efecto exacto del tráfico adicional en este segmento de las carreteras.

Tabla 9.1 – Estimación de la Capacidad y Utilización de los Ferrocarriles

Segmento	Velocidad	Control	Encuentros	Longitud	Capacidad	Volumen	Utilización
Empalme-Hermosillo	43	1	45	87	14	6	42%
Hermosillo-B.H.	46	1	37	78	18	6	34%
B.H.-Nogales	38	1	44	90	14	6	44%
Nogales-Tucson	35	1	29	65	19	6	31%

Tabla 9.2 – Estimación de la Capacidad y Utilización de las Carreteras

Nodo	Carriles	Volumen/Hr	Capacidad	Utilización
Guaymas	2	268.15	1180.33	23%
Caseta 1	3	140.00	1050.00	13%
Hermosillo3	2	556.05	1142.86	49%
Caseta 2	3	356.27	1050.00	34%
Benjamín Hill	2	226.17	702.00	32%
Santa Ana	2	173.71	1152.00	15%
Caseta 3	3	224.00	1050.00	21%
Imuris	2	224.16	1152.00	19%
Caseta 4	3	294.00	1050.00	28%
Nogales, AZ	3	872.00	1672.00	52%
Tucson	2	4283.00	4271.00	100%

La Tabla 9.3 presenta la información relacionada con los nodos actuales de la capacidad y utilización que no fueron incluidos en las tablas anteriores. De la utilización presentada en esta tabla, y como fue mencionado en las secciones 7 y 8, los embotellamientos principales actuales del corredor parecen ser los puntos de inspección en la frontera. Ambos modos de transporte, camiones de carga y ferrocarriles, tienen sus restricciones principales al cruzar la frontera norte a los Estados Unidos. En el caso de los camiones de carga, la información proporcionada por el personal de CBP y el modelo de la simulación, hemos estimado el número máximo de los camiones que se pueden procesar diariamente en Mariposa POE que bajo el actual horario operacionales es de alrededor de 1,500 camiones. Puesto que también sabemos que la demanda diaria en las estaciones máximas de demanda anual está de cerca de 1,300 camiones, el tráfico adicional del corredor puede ser manejado sin modificaciones perceptibles en el horario operacional actual es de cerca 200 camiones por día o 104,000 TEU por año. También, debido a los requisitos de tiempo de la inspección (véase la Sección 8), el DeConcini POE puede procesar solamente hasta 8 trenes por día, lo que significa que solamente un tren adicional por día puede

enviarse a través del corredor. Este tren adicional corresponde a un total de 120,000 TEU por año (Tabla 9.3).

Los principales nodos intermodales en el corredor están situados en Guaymas, Hermosillo y Tucson. La capacidad de contenedores en el puerto de Guaymas se ha estimado en más de 175,000 TEU por año (según nuestros resultados de la simulación) y la capacidad del puerto de Tucson están en 295,000 TEU por año (Levin, 2005). No tenemos una estimación para el terminal intermodal en Hermosillo, pero debido a que no es económicamente viable cargar los contenedores en los trenes de carga limitados para el puerto de Guaymas o descargar los trenes que vienen de Guaymas, entonces no es una alternativa factible para el corredor.

Tabla 9.3 – Estimación de la Capacidad y Utilización de las Carreteras

	Mariposa	Guaymas	Puerto de Tucson	DeConcini
Capacidad	1,500	600	640	400
TEU	3,000	1,020	1,114	1,600
Días	260	172	300	300
Cap. TEU	780,000	175,440	334,000	480,000
Actual	676,000	0	30,000	360,000
Disponibles	104,000	175,440	304,000	120,000
Utilización	87%	0%	9%	75%

De las tablas 9.1 y 9.3 podemos ver que los embotellamientos actuales del corredor de Guaymas-Tucson corresponden a Mariposa POE, seguido por los procedimientos de inspección de los ferrocarriles en la frontera del lado de los Estados Unidos y por puerto de Guaymas. Estimamos que la capacidad actual del corredor es de 175,000 TEU si ambos puertos de la entrada son operacionales y un servicio de contenedores en ferrocarril entre Guaymas y Tucson está disponible. Sin embargo, esta capacidad se reduce a 104,000 TEU por año si el servicio del ferrocarril no está disponible. Por otra parte, la capacidad actual para el corredor sería de 120,000 TEU por año, si solamente el tren se utiliza para mover los contenedores desde Guaymas a Tucson. En este caso, el factor principal que limita la capacidad del corredor serían los procedimientos de inspección de los trenes realizados en el puerto de DeConcini en las instalaciones de la entrada y/o de Río Rico.

Un resumen total de la capacidad del corredor se ofrece en la Tabla 9.4. Las capacidades para las carreteras se dan en camiones de carga por día, que son obtenidas si se asume que cada camión es equivalente a 1.5 vehículos de pasajeros. Para el caso del ferrocarril las capacidades se dan en contenedores por día, el cálculo se basó en la suposición de 100 vagones por el tren con cuatro TEU por vagón. Para determinar la capacidad total del corredor asumimos una operación de las

carreteras y de los terminales de 12 horas por día, que son las horas de la operación en el Mariposa POE como la capacidad máxima (a partir de las 8:00AM – a las 8:00PM). Por lo tanto el puerto de Guaymas puede procesar 50 contenedores (camiones) por la hora que sería equivalente a 600 contenedores por día para las importaciones. Si el lector necesita reconciliar estos números de TEU, la proporción de TEU a contenedores es de 1.74, usando una mezcla los contenedores de 20' y de 40' de 26-74% respectivamente.

De la discusión anterior, de una perspectiva física de la infraestructura, creemos que la capacidad actual del corredor de Guaymas-Tucson es de 175,000 TEU por año si los servicios de contenedores por ferrocarril y camiones entre Guaymas y Tucson están disponibles. Por lo tanto, creemos que la indisponibilidad actual del servicio del ferrocarril para mover eficiente los contenedores entre Guaymas y Tucson es un factor limitador muy importante para la operación del corredor.

Tabla 9.4 – La Capacidad Diaria Global Actual y Disponible del Corredor

Corridor Components	Modal Capacity				Modal Capacity			Overall Corridor		
Higway	Capacity	Used	Available	Railroad	Capacity	Used	Available	Capacity	Used	Available
Links				Links						
Guay-Empalme	9,664	3,157	6,507	Guay-Empalme	1400	200	1200	11,064	3,357	7,707
Empalme-Her	26,650	3,142	23,508	Empalme-Her	1400	600	800	28,050	3,742	24,308
Her-B. H.	22,204	5,026	17,178	Her- B.H.	1600	600	1000	23,804	5,626	18,178
B.H.-Imuris	26,057	2,034	24,023	B.H.-Nog	1400	600	800	27,457	2,634	24,823
Imuris-Nog	17,818	2,322	15,496					17,818	2,322	15,496
Nog-Mariposa	28,082	3,524	24,558					28,082	3,524	24,558
Mariposa-I19	32,464	13,828	18,636					32,464	13,828	18,636
I19-Tucson	30,464	26,092	4,372	Nog-Tucson	1800	600	1200	32,264	26,692	5,572
Nodes				Nodes						
Guaymas Port*	600	0	600	Guaymas Port	0	0		600	0	600
Hermosillo	9,143	5,004	4,139					9,143	5,004	4,139
Guaymas	9,440	2,358	7,082					9,440	2,358	7,082
Santa Ana	9,216	1,566	7,650					9,216	1,566	7,650
Mariposa	1,500	1,296	204	De Concini	800	600	200	2,300	1,896	404
Nogales	13,376	7,429	5,947					13,376	7,429	5,947
				Port of Tucson	640	100	540	640	100	540
Tucson**	34,168	35,635	0					34,168	35,635	0
Total	1,500	1,296	204		800	600	200	2,300	1,896	404

*Asumiendo que la terminal tiene dos grúas de muelles en Guaymas.

+ Asumimos 12 horas para calcular la capacidad por día.

+ Con 100 vagones por tren y 2 contenedores de 40' por vagón.

** Capacidad estimada en la hora pico, dado que es una ocurrencia transitoria, no lo consideramos como un embotellamiento.

9.2 Utilización del Corredor con una Terminal de Contenedores en Guaymas

En esta sección realizamos un análisis resumido de la sensibilidad para revisar nuestras estimaciones de la capacidad para los diversos elementos del corredor para reflejar la operación de un terminal de contenedores en el puerto de Guaymas. Utilizamos la salida de la simulación del puerto de Guaymas como entrada para el resto del corredor, con un procedimiento similar

como hicimos con la simulación para el Mariposa POE. Por ejemplo, de uno de los escenarios de la demanda para la carretera sería aumentar en 239 contenedores por día, que agregan más 239 camiones al flujo promedio actual diario del corredor. Para el caso de los trenes estimamos que un tren adicional en ambas direcciones (norte y sur) debe ser más que suficiente para manejar todos los contenedores que vengan desde y para el puerto para todos los diferentes escenarios (Tabla 9.6). Otra motivación para programar un tren diario es reducir el tiempo de espera para los contenedores que dejan el puerto por tren. Sin embargo, necesitamos mencionar que la adición de un tren en cada dirección podría representar un panorama peor del caso en los términos de la capacidad ferroviaria necesitada.

Con la demanda adicional los efectos sobre la carreteras son entre 1-2% de aumento en la utilización (volumen/capacidad) de los diversos segmentos (Tabla 9.5). Como consecuencia concluimos que dado este aumento de menor importancia, la operación del puerto en los niveles seleccionados en la simulación no afectaría perceptiblemente las carreteras. Las principales restricciones para las carreteras son los puntos de inspección en Benjamín Hill y el Mariposa POE. De los resultados de la simulación la utilización nominal para el Mariposa POE aumentaría sobre 100% (véase la Tabla 6.2). En teoría, esto no es posible. Sin embargo, nuestra suposición es que esta utilización del excedente sería tratada aumentando las horas de funcionamiento del POE, pues este aumento actualmente se hace para procesar el producto en las estaciones picos de cosecha. Estimamos que el horario adicional para procesar el tráfico agregado sería de alrededor de dos horas. Estas valoraciones se basan en los resultados proporcionados por el modelo de la simulación que fue construido con los datos proporcionados por el personal de CBP. Recomendamos que un análisis más detallado de Mariposa POE sea emprendido para verificar nuestros resultados y para analizar posibles mejoras.

Tabla 9.5 – Capacidad y Utilización con el Terminal de Contenedores en Guaymas

Segmento	Velocidad	Control	Encuentro	Longitud	Capacidad	Volumen	Utilización
Empalme-Hermosillo	43	1	45	87	14	8	56%
Hermosillo-B.H.	46	1	37	78	18	8	46%
B.H.-Nogales	38	1	44	90	14	8	58%
Nogales-Tucson	35	1	29	65	19	8	42%

Tabla 9.6 – Capacidad y Utilización con el Terminal en Guaymas

Nodo	Líneas	Volumen/Hr	Capacidad	Utilización
Guaymas	2	280.72	1180.33	24%
Caseta 1	3	140.00	1050.00	13%
Hermosillo3	2	567.10	1142.86	49%
Caseta 2	3	366.02	1050.00	35%
Benjamín Hill	2	238.49	702.00	34%
Santa Ana	2	182.78	1152.00	15%
Caseta 3	3	234.17	1050.00	22%
Imuris	2	234.17	1152.00	19%
Caseta 4	3	308.50	1050.00	29%
Nogales, AZ	3	889.85	1672.00	53%
Tucson	2	4298.00	4271.00	101%

Para el caso del ferrocarril, la demanda creciente requeriría de dos trenes extras para el corredor, uno que fuera de Tucson a Guaymas y otro que fuera de Guaymas a Tucson. Este flujo generaría una utilización (volumen/capacidad) de la capacidad física del ferrocarril de hasta 58%, y una utilización completa del DeConcini POE. Para este modo del transporte sería un cambio substancial de los niveles actuales, no obstante en términos de la capacidad física este número todavía sería manejable. Como explicamos antes de que la limitación principal en términos de la capacidad del ferrocarril es presentada por el proceso de la inspección en el DeConcini POE.

Otro análisis consistió en la determinación del tiempo medio del recorrido (ATT, por sus siglas en inglés). El ATT fue calculado según los datos proporcionados por varios transportistas y consignadores que utilizan actualmente el corredor (Tabla 9.7), a este tiempo le agregamos el tiempo de espera en la frontera (Cano, 2005; Roy, 2005; Maldonado, 2005). El tiempo de viaje en la tabla asume un tiempo de espera de una hora en Benjamín Hill, que es el tiempo normal durante una estación no pico, no obstante esta estimación se puede revisar en el futuro puesto que tenemos información que este tiempo puede ser hasta de 3.5 horas en la estación.

El tiempo estimado del recorrido por carretera se basa en las velocidades promedio de recorrido proporcionadas en las entrevistadas con compañías y por las velocidades permitidas máximas en diversos caminos los Estados Unidos y México. También incluimos tiempos de inspección en México y en la frontera. El resumen de estos resultados se presenta en la Tabla 9.7.

Tabla 9.7 – Tiempos Promedios de Transportación por Carretera

Carretera	Tiempo de Viaje (Horas)					
	Hermosillo	Nogales	Tucson	Phoenix	El Paso	Chicago
Guaymas	2	6*	9**	11	14	35
Hermosillo	0	4.5	7**	9	12	33
Tucson	6	1	0	2	5	26
Long Beach	7	8	7	5.5	12	30

* Asumiendo una hora en promedio de inspección en Benjamín Hill.

** Asumiendo una hora de espera en la frontera.

En el caso del ferrocarril, el tiempo del recorrido el calculo se basó en la información histórica para el año 2005 proporcionado por Ferromex (Ferromex, 2006). Para la línea UP estimábamos el tiempo con las velocidades de recorrido, los horarios y el tiempo de espera divulgados en la frontera (UP, 2006; Association of American Railroads, 2006). Una limitación de este enfoque es que no estamos considerando el tiempo de espera de los trenes en las estaciones de UP, puesto que no teníamos información real del funcionamiento de los trenes en estas rutas, así que tiempo de viaje del ferrocarril en los Estados Unidos pudo ser subestimado. Sin embargo, para el ferrocarril mexicano contamos con los informes históricos proporcionados por Ferromex, y su funcionamiento de los trenes que viajan de Empalme a Nogales toma un promedio de 14 horas con una desviación de estándar de alrededor 2 horas. El resumen de la información de recorridos se presenta en la Tabla 9.8.

Tabla 9.8 – Tiempos Promedios de Transportación por Tren

Ferrocarril	Travel time (Hours)					
	Hermosillo	Nogales	Tucson	Phoenix	El Paso	Chicago
Guaymas	4	14	18*	22	31	85
Hermosillo	0	10	14	18	27	81
Nogales	10	0	4	8	17	71
Tucson	12	2	0	4	13	67

*Asumiendo dos horas de espera en la frontera

También agregamos el tiempo de espera de los contenedores en el los tiempos promedios para conseguir una estimación del tiempo que toma a un contenedor viajar a Tucson una vez que haya llegado el puerto de Guaymas.

9.3 Análisis Complementario

Dado que actualmente no hay un servicio de contenedores entre Guaymas y Tucson y no está seguro si y cuándo este servicio será ofrecido hicimos un análisis muy preliminar del costo de transporte actual de contenedores del puerto de Guaymas a Tucson y a Phoenix.

Dado que actualmente no hay servicios de ferrocarril para transportar un contenedor del puerto de Guaymas a Tucson nosotros deseamos investigar la viabilidad comercial de usar camiones de carga en lugar del ferrocarril. Para perseguir esta meta, obtuvimos la información de los costos a partir de dos diferentes compañías para transportar los contenedores de 40' del puerto de Guaymas a Tucson y a Phoenix. Los precios que obtuvimos de estas compañías fueron de alrededor \$1,300 para mover un contenedor desde Guaymas a Tucson. Esto es equivalente a \$3,98/contenedor-milla. Si comparamos esta tarifa con las tarifas que se pueden obtener en los Estados Unidos nosotros vemos una diferencia dramática. Por ejemplo, en los Estados Unidos la milla viajado por camión por contenedor de 40' se estima de \$1,76 y la tarifa de \$1,06 por tren-milla para el mismo contenedor de acuerdo con un estudio preparado para el Departamento de Estados Unidos del Transporte (Reeves & Assoc., 2005). Superficialmente, parecería que la tarifa actual obtenida para mover un contenedor desde Guaymas a Tucson haría corredor Guaymas-Tucson comercialmente infactible. Sin embargo, creemos que la tarifa cotizada corresponde a mover un contenedor vacío desde Tucson a Guaymas y cargado de Guaymas a Tucson, esto es debido a la carencia de un patio de contenedores marítimos en Guaymas. Debido a esto, creemos que las tarifas apropiadas se deben fijar alrededor de 2 \$/contenedor-milla por camión y de 1.2 \$/contenedor-milla por ferrocarril. Usando estas tarifas estimamos que un contenedor que se mueve desde Guaymas a Tucson sería competitivo con un contenedor que se mueve desde Long Beach a Tucson solamente si se mueve en tren. La misma tendencia se ha observado en los Estados Unidos, en donde los contenedores son movidos principalmente por el tren en vez de camiones (véase la Figura 9.1). Esto es un análisis muy áspero, pero sirve para destacar la importancia del tener un servicio de ferrocarril para mover los contenedores desde Guaymas a Tucson, y tener todos los sistemas requeridos en el lugar para hacer ese servicio competitivo en términos del costo y de tiempo.

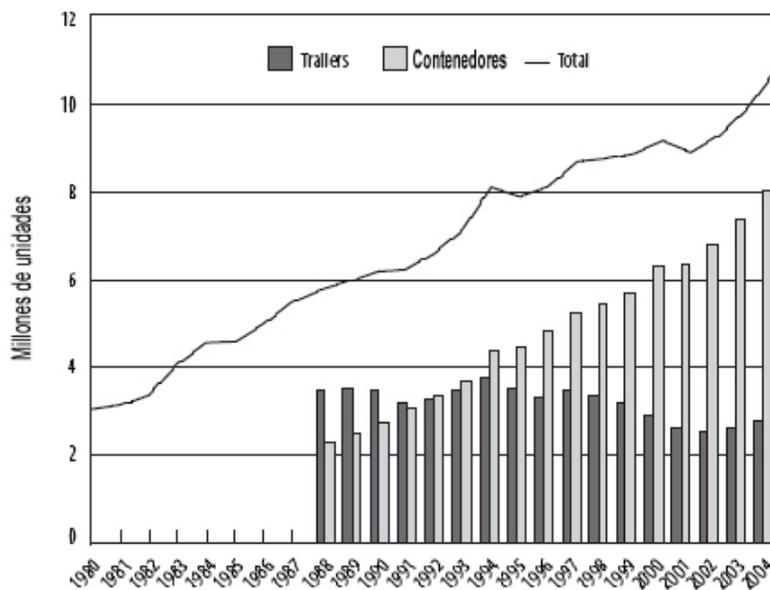


Figura 9.1 – Tráfico Intermodal de Trenes y Camiones en los Estados Unidos: 1980-2004
Fuente: US DOT “Freight in America”, January 2006

9.4 Resumen de Resultados

A continuación son presentados algunos de los resultados derivados de esta sección:

- Nosotros estimamos que la capacidad actual del corredor multimodal de Guaymas-Tucson es de 175,000 unidades equivalentes de veinte-pies (TEU, por sus siglas en inglés) por año si los puertos de entrada de Mariposa y DeConcini son operacionales y si servicio de contenedores de ferrocarril entre Guaymas y Tucson está disponible. Sin embargo, esta capacidad se reduce a 104,000 TEU por año si el servicio de ferrocarril no está disponible. Por otra parte, la capacidad actual para el corredor sería de 120,000 TEU por año, si solamente el tren se utiliza para mover los contenedores de Guaymas a Tucson. En este caso, el factor principal que limita la capacidad del corredor sería los procedimientos de la inspección del tren realizados en el puerto de entrada de DeConcini y/o en las instalaciones de Río Rico.
- Nosotros estimamos que los embotellamientos principales actuales de la infraestructura física del corredor, en orden de su impacto son: el Puerto de Entrada de Mariposa (POE, por sus siglas en inglés), los procedimientos de inspección de los ferrocarriles en la frontera del lado de los Estados Unidos y el puerto de Guaymas. Estos puntos necesitan

ser estudiados más a fondo para verificar nuestros resultados y para recomendar mejoras potenciales si un aumento de la capacidad actual del corredor es deseada.

Otros resultados derivaron del análisis global del corredor incluyen:

- Un obstáculo importante para la operación viable del servicio de contenedores entre Guaymas-Arizona es la carencia de un proveedor de servicios integrados que incluya líneas navieras, los ferrocarriles y agencias de carga internacional. Para hacer posible este servicio integrado es primero necesario tener un servicio integrado de ferrocarril para los contenedores entre Guaymas y Arizona. A este respecto, no pudimos conseguir la información exacta de una compañía ferroviaria de los Estados Unidos que proporcionara el servicio, es decir Union Pacific, en cuáles son las condiciones necesarias o suficientes - comerciales u operacionales; para dar servicio a los contenedores potenciales generados por el puerto de Guaymas. Creemos que las compañías ferrocarrileras son imprescindibles para la creación de un corredor económicamente factible de contenedores entre el puerto de Guaymas y del Arizona. De su participación en las actividades presentadas, está claro que Ferrocarriles de México (Ferromex) está comprometido en la realización del corredor. En nuestra opinión, el nivel de compromiso o de interés de Union Pacific está menos claro.
- Los administradores de entradas de ferrocarriles y camiones de carga de Estados Unidos sugieren que cambios en el proceso serían muy útiles para hacer los tiempos del paso por la frontera más fiables y ofrecer servicios más eficientes para y desde Guaymas.
- Aún si el tráfico de contenedores fuera atraído al puerto, ferrocarriles estadounidenses estarían sobre todo interesados en las cargas destinadas al Medio Oeste-Este, mientras que Ferromex estaría dispuesto a manejar el negocio de un transporte más corto.
- En nuestro análisis, hemos hecho suposiciones acerca del tipo de infraestructura y del nivel de servicios necesarios para atraer una línea naviera para establecer un puerto de paradas por una importante línea naviera de contenedores. Sin embargo, las necesidades exactas en términos del servicio y de la demanda se deben explorar con las compañías navieras. Esta asignación se deja como parte de la segunda fase propuesta de este estudio.

- Un tema que necesita ser tratado cuanto antes posible es la carencia de un servicio regularmente programado para los contenedores del Puerto de Guaymas. Mientras que el análisis de los requisitos para atraer una línea naviera importante al puerto estaba más allá del alcance de este estudio, creemos que la posición geográfica de Guaymas puede ser un atractivo, en corto plazo, para alguna compañía para proporcionar servicio directo a Asia. Sin embargo, creemos que el puerto de Guaymas está bien localizado para servir como un puerto regional. Por ejemplo, puede ser apropiado que inicialmente Guaymas se concentre en el funcionamiento como puerto proveedor para los negocios de Sonora hasta que negocios de más largos tramos sean instituidos por las líneas navieras y el servicio eficiente de trenes para los contenedores sea asegurado.

10 Actividades Recomendadas

El objetivo principal de las actividades presentadas en este documento fue determinar la viabilidad, en los términos de la infraestructura disponible actual, de establecer un servicio regular de contenedores entre el puerto de Guaymas y Tucson. Sin embargo, este estudio se debe considerar apenas como un punto de partida para un análisis más comprensivo enfocado en el desarrollo de un corredor intermodal eficiente que apoye y promueva el desarrollo económico de Sonora y Arizona. Nosotros recomendamos las actividades siguientes:

- Refinamiento de la capacidad del estudio.
- Identificación de las mejoras de la infraestructura y de sus efectos.
- Identificación de las ventajas de las cadenas de suministro y de logística del uso del puerto de Guaymas.
- Determinación del potencial comercial del corredor.
- Emparejar las ventajas de la logística con segmentos apropiados de la industria.
- Exploración de oportunidades de la colaboración para las actividades de valor agregado en el puerto de Guaymas.
- Preparación de un mapa de camino estratégico para el desarrollo del corredor.

A continuación proporcionamos una breve descripción de las actividades que esperamos realizarnos en esta fase del estudio.

10.1 Refinamiento de la Capacidad del Estudio

Los resultados presentados en este informe corresponden a un análisis de alto nivel y de amplia resolución. Para tener una valoración mejor del funcionamiento total del corredor recomendamos que un análisis más detallado sea hecho. El análisis debe poner una particular atención en las áreas que fueron identificadas como un embotellamiento en el proyecto actual. En detalle, recomendamos analizar más detalladamente los puertos de entrada de Mariposa y de DeConcini. También recomendamos el hacer de un estudio más detallado del efecto de los puntos militares de revisión en el lado mexicano de la frontera.

10.2 Identificación de las Mejoras de la Infraestructura y de sus Efectos

Los embotellamientos identificados en este estudio deben ser candidatos a las mejoras de la infraestructura que aumentarían la eficacia del corredor de una perspectiva de la logística. Como

primer paso las medidas de funcionamiento apropiadas que representarían exactamente las ventajas logísticas para el pasillo deben ser establecidas. Una vez que se hayan determinado estas medidas los proyectos se deben basar en la prioridad del costo-beneficio obtenido y propuesto a los equipos apropiados de la toma de decisiones.

10.3 Identificación de las Ventajas de la Cadenas de Suministro y de Logística del Uso del Puerto de Guaymas

Una de las principales ventajas de usar el puerto de Guaymas debe ser la reducción de los costos totales de logística. Un factor muy importante de los costos de logística es la incertidumbre del punto para señalar el tiempo de transportación. Se debe realizar un estudio para hacer una comparación relativa de los servicios potenciales ofrecidos por el corredor de Guaymas-Arizona con los ofrecidos por el puerto de Long Beach y de otros corredores multimodales. Una parte importante del estudio debe ser la valoración real de las tarifas integradas para el corredor. Esto es importante para atraer a los agentes de carga internacional, a los operadores logísticos y crear la masa crítica requerida para iniciar la terminal de contenedores. Idealmente, la participación de los actores principales tales como los ferrocarriles, agentes de carga internacional y las compañías navieras en el estudio debe ser asegurada.

10.4 • Determinación del Potencial Comercial del Corredor

En el estudio actual hicimos suposiciones con respecto al número de los contenedores moviéndose a través del corredor. Un estudio que analice los volúmenes potenciales con origen específico y la destinación deben ser realizados. Como parte del estudio la caracterización de los diversos perfiles de la carga potencialmente moviéndose a través del corredor debe ser procurado.

10.5 • Emparejar las Ventajas de la Logística con Segmentos Apropiados de la Industria

Hay segmentos de las cadenas de suministros de algunas industrias que por su naturaleza sean menos tolerantes a la variabilidad de los tiempos de entrega. Algunos ejemplos incluyen componentes de altos costos, los sub-ensambles parciales usados para el montaje final, y los productos acabados altamente estacionales tales como juguetes y la electrónica. Creemos que estos segmentos de la industria son los primeros candidatos para utilizar los servicios de contenedores del puerto de Guaymas.

10.6 Exploración de Oportunidades de la Colaboración para las Actividades de Valor Agregado en el Puerto de Guaymas

Creemos que Guaymas posee dos características que lo hacen un punto atractivo para atraer industrias que establezcan sus operaciones allí. Primero, el costo de trabajo de Guaymas es muy competitivo con respecto a los salarios que existen en los Estados Unidos, en segundo lugar México es el país con más acuerdos de libre comercio del mundo. Esto hace a México en general, y Guaymas en el detalle, un lugar atractivo para establecer operaciones para tomar una ventaja estratégica de las tarifas más bajas cargadas a los productos producidos (o con un alto contenido de valor agregado) en México. Una posibilidad para aprovecharse de la localización de Guaymas sería enviar los sub-ensambles parciales que se pueden embalar más eficientemente en los contenedores que vienen del Lejano-Este. También se podrían utilizar estos sub-ensambles parciales para montar el producto final en Guaymas y para enviar el producto final de Guaymas al centro de distribución apropiado en los Estados Unidos o directamente al cliente final. Una industria típica que se beneficiaría de este tipo de operación sería la mueblería. Por ejemplo, enviar muebles acabados del Lejano-Este a los Estados Unidos es extremadamente costoso debido a el volumen ocupado por cada pedazo de los muebles. Además, los impuestos pagados por los muebles acabados pudieron ser más costosos que éstos pagados por los sub-ensambles parciales o los pagados por los productos mexicanos. Otra oportunidad relacionada sería enviar productos no terminados de los Estados Unidos a Guaymas, agrega bastante valor en Guaymas para aprovecharse de los acuerdos de libre comercio firmados con México y con otros países y para enviar el producto final de Guaymas a esos países.

10.7 Preparación de un Mapa de Camino Estratégico para el Desarrollo del Corredor

Este estudio identificaría las actividades que se deben emprender en los estudios futuros para desarrollar un plan comprensivo para el desarrollo de un corredor multimodal eficiente.

11 Referencias

Administracion Portuaria Integral de Ensenada (2005), *Web page* <http://www.puertoensenada.com.mx>. Consulted on November.

Administracion Portuaria Integral de Guaymas (2005) “Guaymas Master Development Plan”, Port of Guaymas.

Administracion Portuaria Integral de Guaymas (2005b), *Web page*, <http://www.apiguay.com.mx>. Consulted on October.

Administracion Portuaria Integral de Manzanillo (2005), *Web page* <http://www.apimanzanillo.com.mx>. Consulted on October.

Administracion Portuaria Integral de Mazatlan (2005), *Web page* <http://www.apimazatlan.com.mx/Espanol/Noti18.htm>. Consulted on October.

Association of American Railroads (2006), *Web page*, <http://www.railroadpm.org/Performance%20Reports/UP.aspx>. Consulted on January.

Arizona Department of Transportation (ADOT) (2002) “Nogales International Airport Master Plan Update”.

Arizona Department of Transportation ADOT (2000) “Arizona Rail Plan”, *Arizona Department of Transportation*.

Arizona Department of Transportation ADOT (2005a), Transportation Planning Division, "Highway Performance Monitoring System (HPMS)" <http://tpd.azdot.gov/datateam/hpms.php>. Consulted on September 2005.

Arizona Department of Transportation ADOT (2005b), Transportation Planning Division, "AADT Reports (Traffic Counts)" <http://tpd.azdot.gov/datateam/aadt.php>. Consulted on September 2005.

Arizona Department of Transportation ADOT (2005c), Transportation Planning Division, "K D & T Factors", with updated information for 2005. <http://tpd.azdot.gov/datateam/aadt.php>. Consulted on September 2005.

Arizona-Mexico Commission (2003) “Arizona’s Global Gateway: Addressing the Priorities of Our Border Communities”, February. *Arizona-Mexico Commission*.

Armenta, Israel (2005) Email correspondence (October) by the Author with Armenta Israel, Subdirector de SCT, Sonora.

Bello D., A. Díaz, A. García, N. Villegas (2001) “Análisis de Costos de Operación Vehicular del Autotransporte de Carga de la Red Carretera Federal”, *Instituto Mexicano del Transporte*.

Cambridge Systematics (2004) “Transportation/Logistics Research Project: Trade Flow Study”, for *Arizona Department of Commerce*, November.

Cambridge Systematics Inc. (1998) "Multimodal Corridor and Capacity Analysis" (MCCAM), National Cooperative Highway Research Program (NHCPR), Report 399, *Transportation Research Board*, National Academy Press, Washington, D.C.

Cambridge Systematics, Inc (2004) "Move Arizona Plan", *Arizona Department of Transportation*, September.

Carol Colombo, Colombo & Bonacci (1999) "Arizona Trade Corridor Study", *Arizona-Mexico Commission*.

Cons, Jorge (2005) Personal interview (September 3, 2005) by the Authors. At the offices of "Transportes Pitic" in Hermosillo, Son., Mexico.

Direccion General de Puertos (2004) "*Anuario Estadístico de los Puertos de Mexico 2003*", Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Direccion General de Puertos (2005) "*Anuario Estadístico de los Puertos de Mexico 2004*", Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Direccion General de Puertos (2005b) "*Excel Sheet: Arrivals at the Port of Manzanillo in 2005*", Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Federal Railroad Administration (1975) "Parametric Analysis of Railway Line Capacity", Final report FRA-OPPD-75-1, Office of Policy and Program Development, *U.S. Department of Transportation*, Washington, D.C.

Federal Railroad Administration (2005), Office of Safety Analysis, "Highway Rail Crossing Inventory by State", <http://safetydata.fra.dot.gov/officeofsafety/Downloads/Default.asp> consulted on November 15th, 2005.

Federal Railroad Administration (2006), "Blocked Crossings", <http://www.fra.dot.gov/us/content/907> consulted on April 13, 2005.

Ferromex (2006) "Tiempo de Recorrido de Trenes por Distrito", Excel file report with historical travel times for trains in 2005.

Galhena, Ravindra (2003) "Container Terminal Development and Management: The Sri Lanka Experience", United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), Monographs on Port Management.

Iberri Jose Luis (2005) Personal interview (September 4) by the Authors with personnel of the Port of Guaymas, Mexico.

Jauregui Carlos (2005) Personal interview (September 9) by the Authors with Jauregui Carlos, Director of the Port of Ensenada, Mexico.

Johnson C. and T. Edward (2001) "Intelligent Transportation Systems at International Borders", *Federal Highway Administration*, April.

Kimley-Horn and Associates, Inc (2005) "Mariposa US Port of Entry Feasibility Study & Program Development Study", *Arizona Department of Transportation*, May.

Levin Alan (2005) Personal interview (October 14) by the Authors with Alan Levin, Owner of the Port of Tucson.

Maldonado, Alberto (2005) Personal interview (December 14) by the Authors with fresh produce shipper from Nogales, AZ.

Maloni Michael (2005) "Container Port Capacity Survey" *Pennsylvania State University*.

Peyrelongue C., J. Pérez, and A. Herrera (2003) "Diagnostico General sobre la Plataforma Logística de transporte de carga en México", Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Querétaro.

Pavlovich- Kochi Vera, and Marisa Paula Walker (2002) "Arizona's Border Issues", *Arizona Department of Commerce*, July.

Ravindra Galhena (2003) "Container Terminal Development and Management: The Sri Lanka Experience (1980-2002)" *United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)*

Reeves & Associates (2005) "Four Corridor Case Studies of Short-Sea Shipping Services", Study prepared for the *U.S. Department of Transportation*.

Roy, Rodney (2005) Personal interview (November 21) by the Authors with J&L Transportation personnel, interview occurred at the City of Tempe, AZ.

SAIC (Science Applications International Corporation) and National Law Center for Inter-American Free Trade (1997) "Arizona Port Efficiency Study", *Arizona Department of Transportation*.

Santa Cruz County (2005) "Southeast Arizona Regional Transportation Profile: Nogales Railroad Assessment Study"

Secretaria de Comunicaciones y Transportes SCT (2005) "Datos viales 2005", Direccion General de Servicios Tecnicos, Web page <http://dgst.sct.gob.mx/index.php?id=533>. Consulted on October.

Silvers A., F. Lara, P. Wong, R. Rubio and R. Veerbeek (1998) "Impacts of Transportation and Trade Policy on Trade and Development in the Arizona-Sonora Region" by part of the *Arizona-Sonora Project*, December.

The University of Arizona (2003) "Expanding Trade through Safe and Secure Borders" *Nogales Cyberport Project Comprehensive Report*.

Union Pacific (UP) (2006), Web page, http://c02.my.uprr.com/cdm/price_query.jas. Consulted on January.

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (1985) "Port Development Handbook"

Wilbur Smith Associates (1997) "Latin American Trade and Transportation Study", for *Southeast Transportation Alliance*.

Wilbur Smith Associates (2001) “The CANAMEX Corridor Coalition”, *Economics Research Associates*, August.

Wilbur Smith Associates (2003) “The National I-10 Freight Corridor Study”, *Texas Department of Transportation*, May.